



**Milton Rodrigues dos
Santos**

**A Gestão da Informação Imagiológica na Formação
em Radiologia**



**Milton Rodrigues dos
Santos**

**A Gestão da Informação Imagiológica na Formação
em Radiologia**

Dissertação apresentada à Universidade de Aveiro para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Gestão da Informação, realizada sob a orientação científica do Professor Doutor Nelson Fernando Pacheco da Rocha, Professor Catedrático da Secção Autónoma de Ciências da Saúde da Universidade de Aveiro.

Dedico este trabalho à minha esposa por tudo, e aos meus pais pela aposta que fizeram na educação dos seus filhos.

o júri

presidente

Doutor Carlos Manuel dos Santos Ferreira
Professor Associado com Agregação da Universidade de Aveiro

Doutor Nelson Fernando Pacheco da Rocha
Professor Catedrático da Universidade de Aveiro

Doutor João Agostinho Batista De Lacerda Pavão
Professor Auxiliar da Universidade de Trás-Os-Montes e Alto Douro.

agradecimentos

Começo por agradecer ao Sr. Prof. Doutor Nelson Fernando Pacheco da Rocha pela constante disponibilidade manifestada durante a realização deste trabalho, assim como pelos ensinamentos e preciosa orientação.

Agradeço também à Cristina, pela forma abnegada como prescindiu do “tempo nosso”, dando-me a paz e o incentivo sem os quais este trabalho não seria possível. Deixo também aqui uma palavra de agradecimento aos meus amigos que partilharam comigo alguns dos momentos mais difíceis deste trajecto.

Por ultimo, agradeço à minha família pelo apoio manifestado, e em especial aos meus pais, que me deram o ser. A todos, muito obrigado.

palavras-chave

Sistemas de informação, Radiologia, Formação, Ensinos clínicos, Estudo de caso, Técnico de radiologia.

resumo

A evolução tecnológica vivida nas últimas décadas revolucionou o ambiente formativo e os recursos utilizados nos processos de ensino e aprendizagem. A utilização das Tecnologias de Informação e Comunicação para a disseminação de informação em ambiente educativo promoveu o surgimento de metodologias de ensino fortemente dependentes da tecnologia disponível. Esta evolução tecnológica repercutiu-se também na formação dos profissionais de imagiologia médica, nomeadamente dos técnicos de radiologia.

A existência de sítios *web* com material formativo, a par com o crescente desenvolvimento da formação baseado em *e-learning*, tornaram o acesso a estes recursos de informação uma mais valia no processo educativo. Mas, a utilização de grande parte destes recursos implica que o utilizador conheça os conceitos adjacentes ao domínio do problema. Por outro lado, o utilizador tem, geralmente, dificuldade em obter uma perspectiva integrada.

No âmbito no trabalho aqui apresentado, é proposto um modelo de informação genérico designado como Caso de Estudo (CE), o qual se pretende que seja a base para o desenvolvimento de sistemas de informação de suporte ao ensino da radiologia. O CE constitui o repositório de dados para o que foi definido um modelo de informação genérico que permite a utilização de narrativas de estudos de caso de forma integrada com outros conteúdos de apoio à formação em ambiente digital. O modelo de informação genérico é baseado nos conceitos entrada, colecção e item, os quais são estruturados segundo arquétipos. Estes conceitos foram validados a partir da informação que faz parte da narrativa de um estudo de caso em radiologia convencional.

keywords

Information Systems, Radiology, Education, Clinical education, Study Cases, X-Ray Technologists.

abstract

The technological evolution lived in the last few decades have revolutionized the teaching/learning process and the used resources.

The use of information and communication technologies for the information dissemination in learning scenarios has promoted the birth of new methodologies of teaching, strongly dependent of the available technology. This technological evolution had also effects in the formation of radiology professionals, such as x-ray technologists.

The existence of sites with radiology formative material, along with the increasing development of the e-learning, makes the access to these new information resources, of a great importance for the teaching/learning process. However, the use of great part of these new resources is dependent of the user knowledge of the problem domain, and, on the other hand, these resources do not give an integrated perspective of the learning materials.

This work pretends to propose a generic information model named Caso de Estudo (CE) that may be used on the construction of new information systems that will support radiology teaching and learning activities. The CE is a data repository and for that it was developed a generic information structure witch provides the utilization of a study case narrative integrated with other digital resources. The generic information structure is based on the concepts entry, collection, and item, which are organised by archetypes. These concepts were validated with the information of a conventional radiography case study narrative.

Índice

1	Introdução	7
1.1	Enquadramento	7
1.2	Objectivos	8
1.3	Estrutura da Dissertação	8
2	A Imagiologia Médica	11
2.1	Introdução	11
2.2	As Modalidades Imagiológicas	11
2.3	A Utilização da Radiação X na Imagiologia Médica Estática	12
2.3.1	A Radiologia Convencional	13
2.3.2	A Radiologia Computorizada	15
2.3.3	A Radiologia Digital	17
2.3.4	A Tomografia Axial Computorizada	18
2.4	A Utilização da Radiação X na Imagiologia Médica Dinâmica	22
2.5	A Utilização dos Ultrasons em Imagiologia Médica	24
2.6	As Radiofrequências na Imagiologia Médica	26
2.7	Os Radiofármacos na Imagiologia Médica	29
2.8	Considerações Finais	32
3	O Profissional de Imagiologia Médica: A Formação para a Aquisição de Competências	33
3.1	Introdução	33
3.2	As Competências Profissionais em Imagiologia Médica	34
3.3	A Formação em Imagiologia Médica	35
3.3.1	A Formação do Médico Radiologista e os Ensinos Clínicos	37
3.3.2	O Ensino Clínico na Formação do Técnico de Radiologia	38
3.4	As Realidades Hospitalares e a Formação do Técnico de Radiologia	38
3.5	O Ensino Clínico e a Formação Técnica nas Unidades de Saúde	40
3.6	A Formação em Ambiente Hospitalar e as Tecnologias de Informação	42
3.6.1	A Utilização da TIC em Ambiente Hospitalar	43
3.6.2	A Imagem Digital na Formação	45
3.6.3	A Análise da Imagem Médica em Formato Digital	45

3.6.4	O PACS e a Formação em Radiologia.....	48
3.7	A Internet e a Formação em Radiologia	49
3.7.1	O E-Learning na Formação do Técnico de Radiologia	50
3.8	Considerações Finais.....	53
4	A Gestão da Informação e o Caso de Estudo na Formação do Técnico de Radiologia	55
4.1	Introdução	55
4.2	O Contexto de Formação	55
4.2.1	A Caracterização do Contexto de Formação	56
4.2.2	O Utilizadores e as Aplicações Informáticas para a Formação	59
4.2.3	O Formando e a Interacção com os Conteúdos Educativos.....	61
4.3	O Estudo de Caso na Formação do Técnico de Radiologia.....	62
4.3.1	Os Conteúdos Educativos e as Actividades de Avaliação.....	65
4.3.2	Os Conteúdos Educativos e o Modelo de Informação	67
4.4	O CE e a Modelação da Informação	68
4.4.1	O Modelo de Informação.....	68
4.4.2	A Informação Contextual.....	71
4.4.3	A Narrativa e as Entradas do CE	72
4.4.4	As Entradas e o CE.....	73
4.4.5	As Colecções e o CE.....	74
4.4.6	As Entradas e os Arquétipos.....	74
4.5	O Construção do CE e a Reutilização de Recursos	75
4.6	Considerações finais	77
5	O Caso de Estudo na Formação em Radiologia Convencional	79
5.1	Introdução	79
5.2	O Formando e a Narrativa de um Estudo de Caso	79
5.3	A Narrativa e os Objectivos do CE	87
5.4	O Exame Realizado e a Modelação da Informação.....	90
5.4.1	A Avaliação Técnica.....	91
5.4.2	A Incidência Radiográfica.....	92
5.4.3	A Imagem Radiográfica	95
5.4.4	O CE e o Material de Avaliação.....	97

5.4.5	O CE e os Arquétipos	98
5.5	Considerações Finais	101
6	Conclusões e Perspectivas Futuras.....	103
6.1	Conclusões.....	103
6.2	Perspectivas Futuras	104
7	Bibliografia	107

Índice de Figuras

Figura 1 – Os profissionais de saúde e o esclarecimento da situação clínica	34
Figura 2 – A e-Formação Imagiológica	56
Figura 3 – As Actividades de aprendizagem e os contextos	57
Figura 4 – Diagrama de Casos de Utilização de alto nível	60
Figura 5 – Os tipos de Avaliação	66
Figura 6 – Modelo de informação de alto nível do CE	71
Figura 7 – A Informação Contextual de Alto Nível	72
Figura 8 – A narrativa e as entradas do CE	72
Figura 9 – As entradas do CE	73
Figura 10 – A entrada Incidência Radiográfica	74
Figura 11 – A reutilização de recursos formativos	77
Figura 12 – Estudo radiográfico do punho em dois planos	86
Figura 13 – A entrada Material de Apoio Educativo	89
Figura 14 – As entradas do CE em radiologia convencional	90
Figura 15 – A estrutura de informação da entrada Avaliação Técnica	91
Figura 16 – A estrutura de informação da entrada Incidência Radiográfica	93
Figura 17 – A estrutura de informação da entrada Imagem Radiográfica	96
Figura 18 – A estrutura de informação da entrada Material de Avaliação	97
Figura 19 – Exemplo de um arquétipo Avaliação Técnica	99

Índice de Tabelas

Tabela 1 – A Taxonomia de Bloom e as questões de avaliação adaptado de	66
Tabela 2 – Exemplo de um arquétipo	75
Tabela 3 – A Narrativa de um estudo de caso	80
Tabela 4 – A narrativa: Análise do parágrafo 1	81
Tabela 5 – A narrativa: Análise do parágrafo	82
Tabela 6 – A narrativa: Análise do parágrafo 3	82
Tabela 7 – A narrativa: Análise do parágrafo 4	82
Tabela 8 – A narrativa: Análise do parágrafo 5	83
Tabela 9 – A narrativa: Análise do parágrafo 6	83
Tabela 10 – A narrativa: Análise do parágrafo 7	83
Tabela 11 – A narrativa: Análise do parágrafo 8	83
Tabela 12 – A narrativa: Análise do parágrafo 9	84
Tabela 13 – A narrativa: Análise do parágrafo 10	84
Tabela 14 – A narrativa: Análise do parágrafo 11	84
Tabela 15 – A narrativa: Análise do parágrafo 12	84
Tabela 16 – A narrativa: Análise do parágrafo 13	85
Tabela 17 – A narrativa: Análise do parágrafo 14	85
Tabela 18 – A narrativa: Análise do parágrafo 15	85
Tabela 19 – A narrativa: Análise do parágrafo 16	85
Tabela 20 – A narrativa: Análise do parágrafo 17	85
Tabela 21 – O Glossário da narrativa	87
Tabela 22 – Exemplo de colecções que caracterizam os objectivos do CE.....	89
Tabela 23 – Exemplo de uma questão de avaliação	98
Tabela 24 – A narrativa e o arquétipo Avaliação Técnica	100

1 Introdução

1.1 Enquadramento

A formação do profissional de saúde reveste-se de especial importância, não só pela abrangência dos conhecimentos de índole teórico que deve possuir, mas também pela sensibilidade, humanidade e bom senso com que deve exercer a sua actividade profissional. Os profissionais de imagiologia médica, médicos radiologistas ou técnicos de radiologia, não são excepção. Este aspecto é de extrema importância, uma vez que no centro da sua actividade profissional deve estar sempre o paciente.

Para além dos conteúdos leccionados em sala de aula, onde são ministrados conteúdos educacionais de índole teórico e teórico-prático, a formação do médico radiologista e do técnico de radiologia é complementada com a realização de ensinamentos clínicos em diversas unidades de saúde e em diferentes momentos da formação académica.

À semelhança do que acontece com a formação do médico radiologista, a formação do técnico de radiologia em ambiente hospitalar permite o contacto com um conjunto de momentos de aprendizagem únicos, uma vez que todos os pacientes são diferentes, o que se traduz em situações clínicas singulares e irrepetíveis. Assim, os diferentes formandos têm diferentes experiências de aprendizagem que, no contexto de formação actual, são de difícil partilha e pouco acessíveis a outros intervenientes na formação como, por exemplo, a diferentes formadores e formandos.

Uma forma de partilhar a informação adjacente a cada momento de aprendizagem que pode decorrer nos ensinamentos clínicos, assim como na prática profissional, poderá ser a utilização das Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC) para o arquivo, distribuição e disponibilização da informação.

A crescente mudança que se verifica no tecido tecnológico associado aos serviços de imagiologia, nomeadamente com a digitalização dos serviços e a utilização rotineira de *Picture Archiving and Communication Systems* (PACS), veio alterar a prática profissional [1, 2]. Assim, com a disponibilização dos exames imagiológicos em ambiente digital, o recurso às TIC poderá ser uma mais valia para o processo formativo.

A disponibilização da informação em ambiente digital torna possível aos formandos o acesso facilitado a essa informação, em qualquer lugar e, potencialmente, em conformidade com as suas necessidades de informação. Para tal apenas é necessário um computador e um acesso à rede *Internet*. Desta forma, os dados podem ser acedidos quer no âmbito da formação académica, quer quando da formação ao longo da vida.

Por outro lado, a construção de materiais pedagógicos para utilização em ambientes digitais tem-se tornado mais fácil e mais amigável, mas requer sempre o dispêndio de tempo e recursos humanos. Assim, se os dados relativos aos conteúdos educacionais forem relativamente abstractos, tiverem significado por si mesmos, e forem de reduzidas dimensões, poderá estar facilitada a reutilização desses conteúdos de aprendizagem [3], nomeadamente no âmbito da formação do técnico de radiologia [4] .

A disponibilização dos conteúdos numa estrutura de informação abrangente, flexível, modular, expansível e capaz de se adaptar à alteração dos contextos onde decorre a formação pode facilitar o sucesso da utilização das TIC como ferramenta de apoio à formação do técnico de radiologia, podendo contribuir assim para uma alteração do paradigma associado à formação destes profissionais de saúde.

1.2 Objectivos

O presente trabalho pretende, como principal objectivo, contribuir com um modelo de informação que permita uma eficiente gestão da informação associada aos diferentes momentos de aprendizagem de um técnico de radiologia. Assim, a estrutura de informação deverá contemplar diferentes cenários ou contextos de formação, permitindo uma integração de informação proveniente de diferentes fontes. Esta estrutura deverá ser também independente das aplicações que possam vir a ser utilizadas no tratamento da informação inerente ao processo formativo, assim como providenciar mecanismos para a troca de informação entre os diferentes intervenientes do processo formativo, promovendo um maior empenhamento de formandos e formadores na construção do conhecimento.

1.3 Estrutura da Dissertação

Para além deste capítulo introdutório, a dissertação contempla outros 6 capítulos.

No Capítulo II caracterizam-se as diferentes modalidades de imagem médica tendo por objectivo a compreensão das ferramentas de trabalho do técnico de radiologia.

No Capítulo III é feita referência às competências dos profissionais de imagiologia médica, nomeadamente do médico radiologista e do técnico de radiologia, e à forma como estes profissionais adquirem competências durante o seu percurso de aprendizagem. Da revisão bibliográfica realizada, resulta uma análise da utilização das TIC em ambiente hospitalar e no processo de formação dos profissionais de imagiologia médica, nomeadamente no que diz respeito à utilização de programas de *e-learning* como ferramentas de apoio à formação.

O Capítulo IV inicia-se com um levantamento de requisitos de alto nível de um sistema de informação para apoio à formação do técnico de radiologia em radiologia convencional. Este levantamento é feito com base no conhecimento das realidades onde decorre a formação do técnico de radiologia e o tipo de formação ministrada. Posteriormente é proposto um modelo de informação cujo objectivo é o de permitir o registo e disponibilização da informação inerente à realização e interpretação de um exame radiográfico. É dada particular importância não só à estrutura da informação apresentada e reutilização dos conteúdos educacionais, nomeadamente às suas implicações a nível da reutilização de conteúdos educacionais, mas também a alguns aspectos relacionados com os processos de aprendizagem, nomeadamente a autoavaliação.

No Capítulo V valida-se o modelo de informação. Para tal recorre-se à análise dos processos inerentes à realização e interpretação do exame radiográfico com base num estudo de caso e respectiva narrativa, bem como à informação relativa aos conhecimentos e procedimentos associados à realização de um exame radiográfico.

No Capítulo VI são apresentadas algumas conclusões relativas à realização deste trabalho, e perspectivam-se algumas linhas orientadoras de trabalhos futuros.

2 A Imagiologia Médica

2.1 Introdução

Em 1895, quando Wilhelm Conrad Röntgen fez a sua primeira radiografia utilizando um novo tipo de radiação (que resolveu designar como X por ser para ele uma incógnita) estava longe de perceber qual o verdadeiro alcance da sua descoberta e a forma como ela iria influenciar a qualidade de vida da população mundial no futuro. Desde a descoberta da radiação X houve uma grande vontade de a utilizar em diferentes tarefas e para variados fins. Um dos aspectos mais intensamente vividos pela sociedade da época era a capacidade de “ver” o interior do corpo humano. Este aspecto assumia quase uma dimensão de “milagre” e induziu nas mentes mais fecundas uma série de expectativas, nem sempre verosímeis.

Apesar de inicialmente a utilização da radiação X ter sido direccionada para a realização de tarefas que, a esta distância temporal, nos parecem descabidas (a sua utilização como depilador é ilustrativa), houve também quem logo visse que o estudo da radiação X poderia ter repercussões em várias áreas do conhecimento, nomeadamente em áreas ligadas à medicina. Mas a aquisição de imagens do corpo humano para fins médicos não se esgota na utilização da radiação X. A evolução científica e tecnológica levou à descoberta de outros métodos de aquisição de imagem para fins médicos com recurso a diferentes processos físicos como, por exemplo, os ultrasons e as propriedades magnéticas da matéria.

2.2 As Modalidades Imagiológicas

A imagiologia médica pode ser entendida como o conjunto das técnicas de diagnóstico médico que fornecem ao médico uma imagem visual das diferentes partes do corpo humano, qualquer que seja a radiação ou a onda utilizada para exploração do doente [5]. Segundo Masahiro [6] a imagiologia médica é a designação dada aos processos em que a função ou estrutura de um objecto biológico, normalmente invisível, é visualizada utilizando processos físicos (por exemplo, a radiação X) para o diagnóstico e tratamento de diferentes patologias. Ainda segundo este autor, a caracterização das

imagens médicas pode ser feita com base nos processos físicos associados à sua aquisição.

Para além dos princípios físicos subjacentes, as imagens médicas também podem ser caracterizadas pelas tecnologias e técnicas utilizadas. Assim, podemos considerar que a imagiologia médica agrupa um conjunto de modalidades imagiológicas, ou modalidades de imagem médica, que permitem:

- A utilização de radiação X para a aquisição de imagens. Estas podem ser estáticas ou dinâmicas, dependendo do objectivo da sua aquisição e da tecnologia utilizada, e estão associadas a diferentes modalidades e técnicas de imagiologia médica como, por exemplo, à radiologia clássica ou à mamografia.
- A utilização do ultrassom como meio de caracterização das estruturas anatómicas. A terminologia adoptada para esta modalidade de imagem médica não é universal. Se nos Estados Unidos ela é designada por *sonography*, já no Reino Unido é designada por *ultrasonography*. Em Portugal o termo mais comumente utilizado é ecografia.
- A utilização da ressonância magnética nuclear. Ou seja, a aquisição de imagens resultantes da interacção de ondas de radiofrequência com determinados núcleos atómicos sob a acção de um campo magnético estático.
- A obtenção de imagens que representam a distribuição de um radiofármaco no organismo após a administração deste por via endovenosa. A modalidade imagiológica que recorre a este tipo de imagem médica de forma mais premente é a medicina nuclear.

A caracterização das diferentes modalidades e técnicas imagiológicas também pode ser feita com base na abordagem preconizada por Moy [7] que as divide em dinâmicas e em estáticas.

2.3 A Utilização da Radiação X na Imagiologia Médica Estática

A utilização da radiação X em ambiente hospitalar é mencionada, pela primeira vez, em 1896, no *British Medical Journal*, na descrição do caso de um doente que tinha uma grave lesão do cotovelo em resultado da queda de um cavalo. Com o recurso à radiação X foi possível constatar tratar-se apenas de uma luxação.

Inicialmente a utilização dos equipamentos de produção de radiação X para fins médicos restringia-se ao espaço físico do hospital. No entanto, o desenvolvimento de equipamentos transportáveis permitiu a aquisição de imagens fora das unidades de saúde. Esta utilização surge de forma mais vincada durante a 1ª Guerra Mundial, o

que tornou imperiosa a formação de técnicos de radiologia, formação que inicialmente ficou a dever-se a Marie Curie [8].

No âmbito do trabalho aqui apresentado, será alvo de especial atenção o rediodiagnóstico que, segundo Manuilla e colegas, pode ser entendido como o conjunto de utilizações da radiação X que tem por objectivo fornecer informações de ordem diagnóstica, utilizando a propriedade que as radiações possuem de atravessar a matéria e de providenciar imagens graças a um sistema de detecção apropriado [5]. A aquisição da imagem radiográfica começa com a emissão de um feixe de fótons de elevada frequência e energia (radiação X), também designada por radiação incidente [9], sendo para tal necessário o recurso a uma ampola de radiação X e a um gerador de alta tensão. Devido às suas características energéticas, estes fótons tem a particularidade de poderem atravessar a matéria e, dependendo da sua energia, sofrer a acção dos átomos constituintes do tecido irradiado. Durante este processo pode existir transferência de energia para o tecido irradiado, provocando ionização deste (razão pela qual é designada por radiação ionizante) podendo dar origem a efeitos determinísticos ou estocásticos associados à utilização da radiação X [10].

Dependendo da quantidade e das energias dos fótons incidentes, assim teremos um maior número de fótons a interagir com o detector utilizado na aquisição da imagem. Esta radiação designa-se por radiação emergente e é a grande responsável pela obtenção da imagem radiográfica [9].

Tendo por objectivo a interpretação da imagem, assim como a aquisição de um registo gráfico visual que represente a anatomia exposta à radiação X, foram sendo criados ao longo do tempo diferentes detectores. A evolução destes, associada à constante evolução tecnológica, deu origem a diferentes técnicas imagiológicas, tendo começado pela radiologia convencional, evoluindo para a radiologia computadorizada, e culminando nos nossos dias com a radiologia digital. As principais diferenças destas técnicas imagiológicas verificam-se ao nível dos detectores utilizados, assim como do processamento e disponibilização da imagem.

2.3.1 A Radiologia Convencional

À semelhança do que acontece com a fotografia, também a imagem radiográfica, ou radiografia, é uma representação estática das estruturas, só que neste caso, a imagem resulta da análise da radiação X emergente do paciente.

Os primeiros detectores utilizados na aquisição da imagem radiográfica eram formados por uma placa de vidro revestido por uma emulsão fotográfica. Da interacção da radiação emergente do paciente com esta emulsão resultava a

produção de uma imagem latente (invisível ao olho humano) que representava o padrão das energias da radiação X emergente da estrutura irradiada. Num segundo passo a imagem latente era posteriormente revelada [10].

O surgimento do primeiro filme radiográfico constituído por nitrato de celulose e, posteriormente, por poliéster, permitiu o recurso a máquinas de revelação. A utilização destes equipamentos, em conjunto com a evolução dos produtos de revelação e da emulsão fotográfica (sendo a mais frequente constituída por brometo de prata), permitiu a realização mais rápida dos exames radiológicos, contribuindo para a diminuição do tempo necessário para o diagnóstico [10].

Ainda hoje, a película radiográfica tem como vantagem o facto de poder ser utilizada, simultaneamente, para adquirir a informação diagnóstica, como suporte da imagem e como meio de visualização da imagem radiográfica. Um outro aspecto que a torna num meio de difícil substituição é o facto de pode apresentar, normalmente, resoluções espaciais de 7 pl/mm, podendo em alguns casos apresentar uma resolução espacial de 15 a 20 pl/mm. Nestes exemplos, as resoluções espaciais correspondem a *pixels* de aproximadamente 70 μm de dimensão, no primeiro caso, e de 22 μm a 33 μm no segundo caso [11].

Com a constatação dos efeitos nefastos da radiação X, tornou-se evidente a necessidade de diminuir a exposição dos pacientes a esta radiação, assim como, aumentar o rendimento do processo de aquisição, processamento e visualização da imagem radiográfica. Para alcançar estes objectivos houve o recurso a dispositivos que promovessem um maior aproveitamento da energia cedida pela radiação X emergente do paciente. Esses dispositivos designam-se por ecrãs de reforço ou ecrãs intensificadores. Estes são revestidos por uma substância luminescente (como, por exemplo, o Tungestato de Cálcio) que, ao sofrer a acção da radiação de baixo comprimento de onda (como é o caso da radiação X), emite radiação luminosa [10].

As substâncias luminescentes têm um efeito multiplicador da acção da radiação X aquando da produção da imagem latente, o que permite a utilização de uma menor irradiação do paciente para a formação da imagem [12].

A película radiográfica e o ecrã intensificador estão protegidos da luz ambiente dentro de dispositivos designados por cassetes (ou chassis) e, em conjunto, formam o que pode ser considerado como o detector utilizado em radiologia convencional.

A técnica imagiológica que se baseia no conjunto da película radiográfica com um ecrã de reforço para a aquisição da imagem e posterior revelação recorrendo a produtos químicos é comumente designada por radiologia convencional e foi até aos anos oitenta a mais difundida nas unidades de saúde. As imagens assim adquiridas

caracterizam estruturas tridimensionais em planos bidimensionais e são designadas por incidências ou projecções radiográficas [13].

O facto de diferentes tecidos atenuarem de forma distinta a radiação X incidente provoca na imagem o surgimento de um conjunto de padrões energéticos representativos das estruturas irradiadas, que são perceptíveis na radiografia como diversos níveis de uma escala de cinzentos, permitindo definir contornos anatómicos e, consequentemente providenciar uma informação diagnóstica [14].

Em virtude de alguns tecidos anatómicos absorverem a radiação X de forma muito semelhante, dando origem a imagens com níveis de cinzentos muito idênticos (o que torna difícil a diferenciação pelo olho humano), houve necessidade de utilizar produtos de contraste para melhor caracterização das estruturas em estudo [12].

Um produto de contraste é uma substância capaz de tornar visíveis, em radiologia, diversas estruturas do corpo por meio da produção de um contraste artificial [5].

Estes contrastes podem ser designados por:

- Positivos. Quando são radiopácos como, por exemplo, uma suspensão de sulfato de bário.
- Negativos. Por exemplo quando se utiliza ar.
- Duplo Contraste. Quando são utilizados produtos de contraste positivos e negativos em conjunto.

Os produtos de contraste não são utilizados somente em radiologia convencional. Também podem ser utilizados em radiologia computadorizada ou radiologia digital, assim como em outras técnicas e modalidades imagiológicas.

2.3.2 A Radiologia Computorizada

Como resultado da pesquisa efectuada no campo dos detectores de radiação X, surge no início da década de oitenta uma nova técnica imagiológica associada ao que hoje se denomina como radiologia clássica: a radiologia computadorizada.

Em 1981, a Fuji Photo Film Co.Ltd apresentou um sistema que recorria à tecnologia de um fósforo foto-estimulável (*photo-stimulable phosphor technology*) e, em 1988, já existiam cerca de 5000 sistemas instalados em todo o mundo [15].

Na radiologia computadorizada a aquisição da imagem é feita com recurso a um detector designado por *Image Plate* (IP) que, à semelhança do que acontece com a película radiográfica, recebe grande parte da radiação X emergente do paciente.

O IP está no interior de uma cassete, exteriormente semelhante à utilizada em radiologia convencional, que tem como principal função a protecção do efeito de acções mecânicas que ocorrem durante a sua utilização e que o podem deteriorar (ao

contrário do que acontece na radiologia convencional onde a par com a protecção mecânica a principal função da cassette é impedir a exposição da película radiográfica à luz).

O IP é revestido por uma emulsão de cristais de um fósforo luminescente foto-estimulável. Os fósforos mais utilizados são os fluoroaleto de bário activados com európio. Estes detectores têm a capacidade de, graças às suas características, armazenarem a energia que recebem quando irradiados pela radiação X, o que permite produzir a imagem latente. O processamento desta imagem tem início com a exposição do IP a um *laser* com um comprimento de onda de 633 nm. Como resultado existe a libertação de radiação luminescente de diferente comprimento de onda (400 nm) característico da substância fosfo-luminescente constituinte do IP. Esta luminescência é designada como luminescência foto-estimulada e é recolhida por um conjunto de lentes de focagem que a vão direccionar para um tubo fotomultiplicador, que por sua vez a transforma em sinais eléctricos [13]. Um conversor analógico-digital quantifica esses sinais, normalmente com uma profundidade de 12 *bits*, o que permite uma representação em diversos níveis de cinzento. A resolução espacial das imagens adquiridas com esta tecnologia varia entre 2,5 e 5 pl/mm podendo no caso dos exames mamográficos, fornecer imagens com resolução espacial de 10 pl/mm [11].

Após o processo de extracção da imagem latente, o IP é submetido a um feixe de luz branca com o objectivo de remeter os cristais ao seu estado inicial de energia para a sua reutilização [11].

A imagem digital obtida com o IP pode ser integrada num sistema de arquivo e comunicação de imagem, comumente designados por *Picture Archiving and Communication System* (PACS). Desta forma, a imagem já não é visualizada numa película radiográfica e pode ser analisada no ecrã de um computador, que pode estar associado a uma estação de trabalho.

A passagem da radiologia convencional para a radiologia computadorizada representou uma alteração nos processos de trabalho nos serviços de imagiologia [1, 16]. A adopção de novas metodologias de trabalho que integram novas tecnologias de aquisição, tratamento e distribuição da imagem médica, veio modificar a forma como os diferentes profissionais interagem com a imagem radiográfica. Apesar de já não ser necessário o recurso a produtos químicos para a revelação da imagem, na radiologia computadorizada continua a ser necessário o transporte do detector do local da exposição à radiação X para o sistema que procede à digitalização da imagem latente presente no IP e a disponibiliza em formato digital. Este passo intermédio deixou de existir com o surgimento da radiologia digital.

2.3.3 A Radiologia Digital

A intensa pesquisa na área das tecnologias ligadas aos detectores de radiação X para fins médicos levaram ao surgimento de tecnologias que utilizam detectores planos (*flat panels*) para a aquisição da imagem radiográfica. Uma forma de os poder caracterizar é segundo os processos adjacentes à transformação da radiação que incide no detector em imagem. Assim, estes podem ser caracterizados como sendo de aquisição directa ou indirecta [13] e estão na base do surgimento de uma nova técnica imagiológica: a radiologia digital.

Nos detectores planos de aquisição directa, aquando da sua interacção com a radiação X, a energia recebida é convertida em carga eléctrica por um material semiconductor (por exemplo, o selénio amorfo). A absorção de energia por parte do semiconductor origina a formação de pares electrão-lacuna. Uma forma de colectar as cargas criadas é estabelecer um campo eléctrico entre a superfície anterior e a superfície posterior do detector. Desta forma as cargas deslocam-se na direcção do eléctrodo de sinal contrário. O eléctrodo posterior tem na sua constituição uma matriz de *Thin Film Transístors* (TFT's) que recolhe as cargas negativas relativas a cada *pixel*. Cada carga recolhida funciona como uma medida da intensidade da radiação X a que o *pixel* foi submetido. Posteriormente procede-se à amplificação dos sinais eléctricos com posterior conversão analógica-digital de forma a permitir a disponibilização da imagem em formato digital.

Nos detectores planos de aquisição indirecta a detecção da radiação X ocorre em duas fases. Este método recorre à presença de um fósforo ou cintilador (como, por exemplo, o iodeto de cézio) para converter a radiação X em radiação luminosa. Esta é posteriormente captada por uma matriz de foto-díodos que, por sua vez, a transformam em sinais eléctricos. À semelhança do que acontece com o método de aquisição directa, a recolha e amplificação dos sinais eléctricos com posterior conversão analógica-digital é o próximo passo para a disponibilização de imagem em formato digital.

A imagem radiográfica para fins médicos, independentemente da tecnologia adjacente à sua aquisição, tem sempre por objectivo o esclarecimento de uma situação clínica particular. Cada uma das técnicas imagiológicas que recorre à radiação X para a aquisição de imagens estáticas, no âmbito da radiologia clássica, apresenta vantagens e desvantagens que têm de ser equacionadas quando do pedido do exame radiográfico. A utilização destas diferentes técnicas em diferentes campos de acção médica fez com que fossem desenvolvidos equipamentos com especificidades técnicas distintas, capazes de contribuir de forma mais assertiva para o estudo das estruturas

anatômicas em análise. Dois desses exemplos são o equipamento para a realização de exames mamográficos e de densitometria óssea.

2.3.4 A Tomografia Axial Computorizada

A tomografia computadorizada (TC) pode ser considerada como uma modalidade de imagem médica que fornece uma terceira dimensão das estruturas em estudo, não disponível nas imagens da radiologia clássica. A imagem radiográfica representa num plano bidimensional o somatório dos coeficientes de atenuação linear de todas as estruturas irradiadas, o que conduz à sobreposição das imagens dos diferentes órgãos. Este inconveniente foi ultrapassado na década de 70 do século XX com o surgimento da TC [14].

A utilização da TC para fins médicos teve o seu início em 1968 quando Godfrey Hounsfield patenteou um sistema de tomografia assistida por computador cuja descrição foi publicada no *British Journal of Medicine* em Dezembro de 1973 [17].

Os primeiros equipamentos de TC só permitiam a realização de exames ao cérebro. Só em 1974 é que Robert Ledly desenvolve um sistema que permitia a realização de exames ao abdómen [15, 18].

A designação de tomografia axial computadorizada advém do facto das imagens do corpo serem adquiridas axialmente, ou seja, são imagens transversais, perpendiculares ao eixo longitudinal do corpo. A imagem axial adquirida por TC fornece informação relativa à distribuição das estruturas na secção ou corte (a terminologia anglo-saxónica utiliza a expressão *slice*) em estudo, assim como as características tomodensitométricas dos tecidos abrangidos no corte.

Os principais componentes de um sistema de TC são [14]:

- A *gantry*. Estrutura em forma de anel pelo interior da qual o paciente, colocado numa mesa adequada, se desloca num movimento linear (este deslocamento é designado por incremento ou avanço). A *gantry* alberga no seu interior a ampola de radiação X, os detectores (colocados numa posição diametralmente oposta à ampola e que podem ser gás, cristais de cintilação ou cerâmicos), o sistema de aquisição de dados ou *Data Aquisition System* (DAS) e, nos equipamentos actuais, o gerador de alta voltagem e os *slip rings* (anéis que deslizam entre si mantendo-se em contacto com o recurso a escovas). A *gantry* possui ainda localizadores laser externos para o correcto posicionamento das estruturas em estudo.
- O gerador. Gerador de alta tensão.

- A mesa. Permite a deslocação do paciente para o interior da *gantry* assim como o seu posicionamento preciso antes da aquisição das imagens.
- A consola. Estação de trabalho onde são estabelecidos os factores técnicos inerentes à realização do exame, assim como, onde são analisadas as imagens do exame.
- O sistema de computadorização. Permite a ligação entre o operador (técnico ou médico) e os outros componentes do sistema. Tem por principais funções o controlo da aquisição da informação, a reconstrução das imagens, o armazenamento dos exames e a disponibilização, com recurso a um monitor, das imagens adquiridas.

Na realização de um exame de TC recorre-se ao conjunto formado pela ampola e detectores de radiação X, que rodam em volta do paciente de forma simultânea e em posições diametralmente opostas. Para a aquisição de cada imagem axial procede-se à irradiação do paciente com um feixe de radiação X bastante colimado (delimitado) que atravessa axialmente o paciente sendo a radiação emergente do paciente colectada pelo detector.

A informação adquirida pelo sistema de aquisição de dados é associada a uma matriz constituída por *pixeis* (por exemplo de 512x512x8 *bits* ou 512x512x16 *bits*) [19]. O sistema utiliza a informação que recolhe de cada detector para formar uma imagem digital em que cada *pixel* representa o valor médio de atenuação da espessura irradiada, sendo o elemento de volume que caracteriza a espessura de corte designado por *voxel*. Cada medida de atenuação é designada por raio soma ou *data points* [20] sendo estes agrupados em conjuntos designados por projecções [21, 22]. Na reconstrução da imagem cada *voxel* deve conter informação referente a diferentes projecções. Cada projecção representa o somatório de um conjunto de raios soma que caracteriza a estrutura a partir de diferentes ângulos de exposição ou momentos angulares (normalmente com intervalos menores ou iguais a 1 grau).

Como foi dito anteriormente, o valor de cada *pixel* que constitui a imagem está relacionado com o coeficiente de atenuação do volume de tecido. A unidade que define essa atenuação é o *hounsfield* ou *hounsfield unit* (HU) e é definido por comparação relativa entre o coeficiente de atenuação linear de um *voxel* de tecido e um *voxel* de água. À água é atribuído o valor 0 numa escala que vai desde -1000 HU até +4000 HU, onde o valor -1000 HU representa a atenuação produzida pelo ar e +4000 HU representa a atenuação produzida pelo osso [15]. Todos os outros tecidos com atenuações intermédias têm HU intermédios. Na visualização da imagem a cada *pixel* corresponde o nível de cinzento respectivo em conformidade com a atenuação da estrutura que representa.

A reconstrução da imagem é feita com base em algoritmos matemáticos complexos recorrendo às projecções adquiridas. Os equipamentos permitem a medição de 800 a 1500 projecções com 600 a 1200 raios soma cada [20].

Após a aquisição dos dados, estes são submetidos a processos computacionais tendo em vista a reconstrução da imagem. A formação desta e o seu posterior tratamento pode ser dividido em três fases [17]: aquisição de dados, reconstrução da imagem e apresentação e registo.

A aquisição dos dados sofreu alterações com a evolução da TC. Este processo evolutivo passou pela construção de equipamentos com diferentes geometrias que, em conjunto com os consecutivos avanços tecnológicos, foi dando origem a diferentes gerações de equipamentos. Segundo Teixeira [18] existem sete gerações de equipamentos de TC:

- Equipamentos de primeira geração. Equipamentos com configuração do tipo translação-rotação. Nestes equipamentos o conjunto ampola e detector percorria o corpo do paciente transversalmente e de forma linear (translação). De seguida o conjunto rodava um 1 grau (rotação) e procedia a nova translação, e assim sucessivamente até perfazer 180 translações, cada uma delas separada por 1 grau de rotação [10]. Nestes equipamentos as projecções eram ortogonais, utilizando matrizes de 80x80 *pixels* e podendo possuir um, dois ou três detectores diminuindo assim o tempo necessário para a realização do exame [18].
- Equipamentos de segunda geração. Equipamentos que continuavam com uma configuração de translação-rotação. Apresentavam um conjunto de 5 a 10 detectores e cada translação era separada por uma rotação de 10 graus, tornando o processo de aquisição da imagem muito mais rápido.
- Equipamentos de terceira geração. Estes equipamentos permitiam a aquisição dos cortes tomográficos recorrendo à rotação simultânea da ampola e dos detectores, com emissão de radiação em leque (ao contrário dos equipamentos anteriores que emitiam um feixe rectangular). Os equipamentos desta geração utilizavam um maior número de detectores (500 a 1000), permitindo já tempos de corte de 1 a 9 segundos e utilizavam uma matriz de 512x512 *pixels*.
- Equipamentos de quarta geração. Estes equipamentos surgem em 1986 e, apesar de manterem a emissão de radiação em forma de leque, caracterizavam-se pelo facto de o conjunto dos detectores cobrir toda a superfície interna da *gantry*, sendo a ampola o único elemento móvel. Apesar de apresentarem a vantagem de terem tempos de aquisição de 1 a 3 segundos, era necessário um grande número de detectores, pelo que se tornavam muito dispendiosos.

- Equipamentos de quinta geração. Na quinta geração de equipamentos o conjunto detectores-ampola rodava de forma contínua e a aquisição de dados era feita corte-a-corte. Este tipo de aquisição da imagem era feita de forma incremental ou sequencial, em que após a irradiação do doente (para adquirir determinado corte) o conjunto doente/mesa era mudado para uma outra posição de acordo com o incremento estabelecido pelo técnico/médico. Nesta geração foi introduzida a tecnologia *slip ring* que permitiu a transmissão de dados relativos à imagem, assim como, por exemplo, o fornecimento de tensões eléctricas elevadas à ampola, evitando desta forma a existência de cabos eléctricos. Esta tecnologia permitiu que o conjunto ampola-detectores rodassem de forma contínua. Para além de cortes de espessura reduzida, estes sistemas utilizavam matrizes de 512x512 ou 1024x1024 *pixels*.
- Equipamentos de sexta geração. A sexta geração de equipamento de TC introduz um novo conceito: a aquisição helicoidal, espiral ou volumétrica. Suportados pela tecnologia *slip ring*, os equipamentos desta geração recorrem à rotação contínua do conjunto ampola-detectores com movimento contínuo do paciente. Algumas das principais vantagens são a rápida aquisição e reconstrução das imagens, rápida realização do exame, possibilidade de aquisição e reconstrução da imagem axial em qualquer local do volume irradiado, possibilitando reconstruções multiplanares assim como imagens tridimensionais de boa qualidade.
- Equipamentos de sétima geração. O surgimento do sistema helicoidal multi-corte caracteriza o nascimento da sétima geração de equipamentos de TC. Nestes sistemas a aquisição da imagem é feita recorrendo à emissão ininterrupta de radiação com movimento contínuo do paciente recorrendo a mais que uma fila de detectores para a aquisição da imagem.

Actualmente existem sistemas que possibilitam a aquisição de 64 imagens por rotação, com tempos de rotação da ampola da ordem do sub-segundo e espessuras de corte da ordem do sub-milímetro.

Em Outubro de 2005, a *Siemens (Siemens Medical Systems)* instalou na Universidade de *Erlangen* (Alemanha) o primeiro equipamento de TC que recorre a dois conjuntos de ampola-detectores para a aquisição da imagem, designado por *dual-ct*, começando já a surgir publicados os primeiros trabalhos relativos à sua utilização, nomeadamente em estudos cardíacos [23].

A transição da TC incremental para a TC helicoidal possibilitou a utilização da informação adquirida durante a realização do exame (e com recurso a programas de

software) para a realização de reconstruções multiplanares de melhor qualidade, permitindo uma abordagem tridimensional das estruturas em estudo.

Um dos exemplos da versatilidade desta modalidade de imagem médica é a realização de estudos cardíacos, também designados por *cardio-ct* [24], assim como em outros estudos vasculares, designados por *angio-tc* [25]. Estas técnicas começam a ser sérias alternativas aos meios de diagnóstico convencionais como, por exemplo, à angiografia [26].

A utilização da TC na realização de exames em que é necessária a visualização em tempo real das estruturas em estudo foi possível graças à evolução tecnológica na área da computação. A produção de processadores cada vez mais poderosos, o desenvolvimento galopante das Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC), a par com o desenvolvimento de detectores mais eficientes, permitiram a aquisição e reconstrução das imagens de TC quase em tempo real, aproximando-se desta forma do conceito de modalidade imagiológica dinâmica.

2.4 A Utilização da Radiação X na Imagiologia Médica Dinâmica

Em 1896, Edison construiu o fluoroscópio. Este equipamento permitia a realização da fluoroscopia (ou radioscopia), durante a qual é possível a visualização contínua das estruturas em movimento enquanto existe emissão de radiação X [10, 12]. Esta técnica imagiológica fornece imagens dinâmicas das estruturas em estudo e foi prática comum nos anos subsequentes à descoberta da radiação X.

Os progressos verificados nos equipamentos de radioscopia foram sempre induzidos/provocados pelas necessidades da comunidade médica de estabelecer diagnósticos mais assertivos, mais rápidos e com menos consequência nefastas para o paciente. Assim, foi sentida a necessidade de diminuir a exposição dos pacientes à radiação X, promovendo a melhoria da protecção radiológica durante o processo fluoroscópico.

Nos sistemas digitais actuais o processo de fluoroscopia tem início quando a radiação emergente do paciente interage com o intensificador de imagem [21]. A radiação X ao atravessar o revestimento externo do intensificador de imagem (normalmente constituído por vidro) interage com um ecrã luminescente (ecrã luminescente de entrada ou *input phosphor*). Desta interacção resulta a produção de um grande número de fotões luminosos em proporção directa à intensidade da radiação X incidente. Na fase subsequente, os fotões luminosos interagem com um fotocátodo que está intimamente ligado ao fósforo de entrada. Desta interacção resulta a libertação de electrões que vão ser acelerados e focados em direcção ao ânodo graças

à presença de um campo eléctrico e devido à acção de lentes de focagem electrostáticas [10]. O ânodo tem forma circular, com um orifício central por onde os electrões acelerados vão passar para interagir com o fósforo de saída (ecrã luminescente de saída ou *output phosphor*) produzindo aí uma luminescência muito mais intensa relativamente à que foi produzida no fósforo de entrada, ou seja, há um aumento da intensidade ou brilho da imagem. Actualmente conseguem-se ganhos de brilho (ou intensidade) de 5000 a 30000 vezes [10].

Para captar a imagem produzida no ecrã de saída é necessário acoplar a este o tubo da câmara de televisão, responsável pela captação da luz produzida no ecrã de saída. O tubo mais utilizado foi durante muito tempo o *Vidicon* [10] que converte a luz emitida pelo fósforo em sinais eléctricos. Estes sinais eléctricos, após processamento, dão origem à imagem analógica visualizada no monitor.

Nos últimos anos foi introduzida uma nova forma de converter a luminescência do ecrã de saída em sinais eléctricos e posteriormente em imagem analógica, recorrendo a sensores do estado sólido designados por *Charge Coupled Device* (CCD). Estes sensores atingem actualmente dimensões de 12 μm [27] e a matriz constituída por estes sensores permite armazenar a energia relativa aos *pixels* respectivos até esta ser recolhida e transformada numa imagem bidimensional [28].

Apesar da utilização dos ecrãs planos na aquisição da imagem radiográfica estática estarem já no mercado e o seu desempenho ser comparado com o IP (ou mesmo com a película radiográfica), a sua utilização na aquisição de imagens dinâmicas ainda está no início [6].

O recurso à fluoroscopia, enquanto técnica dinâmica que permite visualizar o comportamento das estruturas anatómicas em tempo real, contribui para o acesso a informação que não estaria acessível na análise das imagens radiológicas estáticas. Por outro lado, a evolução tecnológica permitiu a passagem de sistemas de fluoroscopia convencional, em que não existe recurso ao intensificador de imagem, para sistemas de fluoroscopia digital [28], o que fez da fluoroscopia uma técnica imagiológica imprescindível na prática clínica actual.

Por forma a ser possível a visualização de estruturas anatómicas com coeficientes de atenuação à radiação X muito semelhantes, não sendo possível o seu discernimento pelo olho humano, o recurso à fluoroscopia associada à utilização de produtos de contraste permitiu a evolução de um conjunto de técnicas cujos objectivos diagnósticos estão dependentes da análise do comportamento dinâmico das estruturas. Como exemplo de algumas dessas técnicas temos os exames realizados ao aparelho digestivo (como, por exemplo, o trânsito esofágico) ou exames cardiovasculares (como, por exemplo, a angiografia), em que é necessária a

administração de produtos de contraste por via oral ou endovenosa para posterior análise das estruturas em estudo.

2.5 A Utilização dos Ultrasons em Imagiologia Médica

A ecografia (ou ultrasonografia), enquanto modalidade de imagem médica dinâmica, tornou-se nas últimas décadas numa ferramenta de elevado valor diagnóstico. Ao contrário do que acontece na imagem radiográfica, na imagem ecográfica não se recorre a radiações ionizantes para a adquirir a imagem médica, mas sim a ondas sonoras de elevada frequência, designadas por ultrasons.

Os ultrasons são uma forma de energia que se obtém pela transmissão de vibração mecânica através de um meio [29] e têm frequências superiores a 20 KHz.

A produção de ultrasons é feita recorrendo a sondas ecográficas. Estas têm no seu interior cristais piezoeléctricos que, quando submetidos a oscilações eléctricas, produzem os ultrasons [12]. Estes propagam-se nos tecidos a diferentes velocidades, dependendo da impedância acústica do meio de propagação, dando origem a ecos de retorno. Estes ecos de retorno são transformados, pelo cristal piezoeléctrico, em energia eléctrica, pelo que a sonda ecográfica acaba por desempenhar dois papéis: o de emissor e o de receptor de ultrasons.

A primeira imagem seccional obtida com recurso a ultrasons foi registada em 1950 [30], mas só em 1957 Brown e Dowel desenvolveram um equipamento que permitia a visualização da placenta, sendo também possível avaliar a idade gestacional do feto [15].

A apresentação da informação adquirida durante a realização do exame ecográfico foi sofrendo sucessivas alterações ao longo do tempo, e a inovação que revolucionou a prática e a rápida expansão dos exames com recurso aos ultrasons foi a construção de equipamentos que permitiam a visualização das estruturas em tempo real. O primeiro equipamento com estas características foi desenvolvido pela *Siemens Medical Systems* em 1965 tendo sido posteriormente aperfeiçoado por Walter Krause. Este equipamento já utilizava sondas ecográficas capazes de produzir 15 imagens por segundo [30].

A imagem ecográfica pode ser apresentada de três modos essenciais [30]:

- Modo A (modo de amplitude). O tipo de imagem adquirida no início da utilização dos ultrasons para fins médicos. Consiste numa representação gráfica dos ecos de retorno onde o eixo dos Y corresponde à quantificação da energia recebida e o eixo dos X corresponde ao tempo.

- Modo B (modo brilho). A imagem é representada de forma bidimensional no eixo vertical e horizontal. Esta é formada recorrendo à captura dos ecos provenientes de tecidos localizados a diferentes profundidades, aos quais são atribuídos valores de brilho com diferentes amplitudes de acordo com a resposta dos tecidos de cada estrutura.
- Modo M (modo movimento). Este modo é usualmente utilizado na cardiologia em conjunto com o Modo B. O parâmetro principal de visualização é a amplitude de movimentos das várias estruturas cardíacas (válvulas e miocárdio) ao longo do tempo. Os batimentos cardíacos são representados num gráfico cujo eixo dos Y corresponde à distância entre a estrutura observada e a sonda ecográfica e o eixo dos X representa os movimentos dessa mesma estrutura ao longo do tempo. Neste tipo de exames as imagens em Modo-B são importantes na medida em que é sobre estas que é feita a avaliação da acinésia de determinada estrutura.

Um dos resultados mais interessantes da evolução tecnológica associada à ecografia foi o surgimento do *eco-doppler*. O efeito *doppler* resulta da mudança de frequência de uma onda, como resultado de movimento da fonte emissora ou do receptor ou, no caso de um reflector, de movimento do reflector [31]. Para além de fornecer imagens anatómicas, a sua utilização em medicina serve para identificar e quantificar o fluxo sanguíneo, onde os reflectores principais são os glóbulos vermelhos [31]. Nos estudos vasculares tornou-se vantajosa a atribuição de cor ao fluxo sanguíneo, pelo que, dependendo da direcção do fluxo sanguíneo (quando este se direcciona ou afasta em relação à sonda), assim é atribuída uma cor diferente. Este aspecto ajuda a caracterizar a vascularização das estruturas, permitindo identificar estruturas venosas e arteriais, sendo esta técnica designada por *eco-doppler a cores*. Como aspecto menos positivo temos o facto de ser necessário repositórios de informação de maiores dimensões, uma vez que a imagem de *eco-doppler a cores* requer um espaço de memória de 512x512x24 *bits* por imagem, enquanto que a imagem ecográfica só requer 512x512x8 *bits* [13].

A utilização de produtos de contraste em ecografia tem vindo a ser objecto de estudo. A introdução de agentes de contrastes ecográficos (microbolhas) revelou-se de grande importância na caracterização vascular de regiões inacessíveis. O aumento das capacidades computacionais permitiu, por sua vez, a utilização de algoritmos matemáticos complexos que promoveram uma melhoria significativa da imagem disponibilizada (como, por exemplo, imagens em 3D) e consequentemente, uma melhoria da acuidade e precisão no diagnóstico [13].

Uma das vantagens da utilização dos ultrasons é a possibilidade de obter inúmeras imagens sem que desse facto resulte prejuízo para o paciente. As imagens podem ser

visualizadas em modo *cine loop* permitindo a visualização da imagem dinâmica após a finalização do exame ecográfico. Normalmente essa visualização é feita em tempo real sendo arquivadas somente as imagens com valor para o diagnóstico que se pretende estabelecer [13].

A relativa facilidade de utilização e o baixo custo associado à ecografia contribuíram para a utilização generalizada desta técnica, sendo a modalidade de imagem médica seccional mais difundida. Nos países menos industrializados é muitas vezes a única modalidade imagiológica seccional disponível [32].

2.6 As Radiofrequências na Imagiologia Médica

Ao contrário do que acontece com as imagens radiográficas, as imagens por ressonância magnética nuclear não recorrem a radiações ionizantes mas sim a ondas de radiofrequência.

As propriedades da ressonância magnética nuclear foram descobertas por dois grupos de investigadores liderados por Bloch e Purcell e os seus trabalhos levaram à utilização da espectroscopia por ressonância magnética nuclear na análise de estruturas moleculares complexas e no estudo de processos químicos dinâmicos [15]. Estes físicos descreveram o fenómeno segundo o qual os núcleos de certos átomos, quando submetidos a um certo campo magnético, absorviam energia na forma de radiofrequência, emitindo-a posteriormente durante a fase de relaxamento (fase durante a qual os átomos voltam ao seu estado normal).

A ressonância magnética nuclear, enquanto modalidade de imagem médica, recorre à interacção de ondas de radiofrequência com determinados núcleos atómicos num campo magnético estático [33]. Hoje em dia esta modalidade é referida somente como ressonância magnética devido à associação feita pelos pacientes entre o termo nuclear e os efeitos nefastos da utilização de armamento nuclear.

O processo de obtenção da imagem tem por base as características dos núcleos atómicos constituintes da matéria. Assim, os núcleos têm como constituintes básicos prótons e neutrões que possuem momentos magnéticos (comportando-se como pequenos magnetos). Quando o núcleo tem prótons e neutrões em número par, estes tendem a emparelhar-se entre si, neutralizando-se mutuamente. Nos núcleos que possuem um número impar de prótons e neutrões, como no caso do hidrogénio, há a criação de um momento bipolar que permite o fenómeno da ressonância magnética [34].

Apesar de haver uma série de núcleos com características relativamente semelhantes (como o carbono 13, o sódio 23 ou o fósforo 31), os núcleos mais utilizados são os de

hidrogénio. Estes núcleos são os mais utilizados em virtude de possuírem um só próton, assim como, da sua existência em grande número no corpo humano.

Os núcleos atómicos com número ímpar de prótons, de neutrões ou de ambos possuem um momento magnético de *spin* [34]. No caso do núcleo de hidrogénio, estes estão presentes nos tecidos orientados aleatoriamente em diversas direcções. Quando, recorrendo a um magneto, são expostos a um campo magnético externo (B_0) alinham-se de forma paralela ou antiparalela com o vector B_0 . Os prótons de baixa energia alinham-se paralelamente enquanto os prótons de maior energia são alinhados de forma antiparalela [34]. O facto da maioria dos prótons se orientar paralelamente a B_0 faz com que haja um número de prótons antiparalelos que não vão ser anulados, dando origem a uma magnetização longitudinal com vector orientado segundo o eixo do campo B_0 . Nesta altura os prótons não se encontram em fase, possuindo as mais diversas direcções [33].

Durante a exposição de uma estrutura anatómica à acção de um campo magnético externo B_0 os núcleos com momento magnético de *spin* descrevem um movimento circular de precessão em torno de um eixo paralelo à direcção do campo B_0 . A frequência com que se verifica essa precessão é denominada por frequência de precessão, de ressonância ou frequência de *Larmor* [34].

Para se obter o sinal de ressonância magnética é necessário colocar a estrutura em estudo num campo magnético homogéneo e estático (B_0), referenciar a estrutura em relação a um sistema de coordenadas (x,y,z), emitir um pulso de excitação (pulso de radiofrequência) e dispor de um sistema que permita a recepção dos sinais de radiofrequência de retorno.

A obtenção da imagem por ressonância magnética começa com a emissão de um pulso de radiofrequência com uma frequência igual à frequência de precessão dos núcleos de hidrogénio. Este pulso designa-se por pulso de excitação e a absorção da energia por parte do núcleo em precessão corresponde ao fenómeno de ressonância [33].

Com o fornecimento de energia quando do pulso de excitação, parte dos núcleos de baixa energia (paralelos a B_0) passam para estados de maior energia indo anular parte dos núcleos de baixa energia o que tem por consequência a diminuição da magnetização longitudinal (paralela ao vector B_0).

O pulso de excitação força os núcleos de hidrogénio a precessar em fase, orientando-os todos na mesma direcção dando origem à magnetização transversal.

As ondas de radiofrequência emitidas pelos núcleos após a excitação (sinal de ressonância magnética) são captadas por antenas (que podem ter um papel de emissoras e receptoras de radiofrequência) e enviadas como sinais eléctricos para o

conversor analógico-digital a fim de serem processados e apresentados como imagem seccional [33].

Ao cessar a emissão do pulso de radiofrequência de excitação, os prótons perdem a coerência de fase. Este processo, durante o qual os prótons passam de níveis de energia elevados para níveis de energia mais baixos, denomina-se por relaxação. Durante o processo de relaxação o sinal de ressonância magnética que provém dos núcleos em precessão diminui [33].

A amplitude do sinal de ressonância magnética não permanece constante ao longo do tempo. O seu declínio designa-se por decaimento livre de indução (*free induction decay*) e depende da densidade protónica (numero de prótons existentes no tecido em estudo). Este decaimento resulta da perda de fase dos prótons na magnetização transversa. Quando em fase, os prótons produzem um sinal de radiofrequência elevado, pelo que, ao deixarem de estar em fase, o sinal recebido pela antena receptora vai diminuir, traduzindo-se em sinais de radiofrequência baixos que irão caracterizar os tecidos em análise [34].

A velocidade de relaxamento fornece informação importante relativamente à constituição dos tecidos em estudo. A relaxação pode ser dividida em duas categorias que se denominam por T1 e T2. O T1 é o tempo necessário à recuperação de 63% da magnetização longitudinal após o pulso de radiofrequência de excitação [34], ou seja, que 63% das moléculas estejam alinhadas como o campo magnético externo utilizado. T2 pode ser considerado como o tempo necessário para reduzir a magnetização transversa a 37% do seu valor original após a emissão do pulso de radiofrequência [34].

Os tempos T1 e T2 assim como o TR (tempo de repetição entre pulsos de radiofrequência a 90 graus) e o TE (tempo decorrido entre a emissão do pulso de radiofrequência 90 graus e a recepção do sinal ou eco) são os principais parâmetros utilizados na aquisição da imagem por ressonância magnética.

Os três factores primários que determinam a intensidade do sinal de radiofrequência e, por consequência o brilho da imagem, são o T1, T2 e densidade protónica [34].

Para além do magneto, que cria campos magnéticos de 0,05 a 3,0 Tesla (os mais usuais em imagiologia médica) para a aquisição da imagem de ressonância magnética, é necessário o recurso a antenas de gradiente e de radiofrequência. As primeiras provocam a precessão dos núcleos nas diferentes localizações do paciente em velocidades ligeiramente diferentes, permitindo a localização espacial (x,y,z) no paciente da estrutura responsável pela emissão do sinal recebido [9]. As segundas recebem e emitem o sinal de radiofrequência, amplificando-o para posterior processamento da imagem.

O crescimento exponencial das aplicações clínicas da ressonância magnética tem acompanhado o desenvolvimento tecnológico na área da imagiologia médica. Os desenvolvimentos verificados tiveram tradução na evolução das técnicas utilizadas, assim como na qualidade da imagem adquirida e no número crescente de situações clínicas em que a imagem por ressonância magnética tem vindo a ocupar o lugar de exame de primeira escolha.

Apesar das preocupações com a segurança dos pacientes, assim como com os profissionais ser tida sempre em conta, ainda não há um total conhecimento relativo às consequências para os pacientes da exposição a campos magnéticos muito elevados.

2.7 Os Radiofármacos na Imagiologia Médica

Apesar da utilização de radiofármacos ser do âmbito da medicina nuclear, e não da área do radiodiagnóstico, a sua abordagem no presente trabalho surge da transdisciplinaridade que por vezes existe entre diferentes modalidades imagiológicas, nomeadamente entre a TC e a tomografia por emissão de positrões ou *Positrons Emission Tomography* (PET), dando assim origem ao exame de PET-CT.

Em medicina nuclear recorre-se à administração de substâncias radioactivas artificiais (produtos rádiofarmacêuticos) adequadas ao estudo das reacções bioquímicas da fisiologia do corpo humano [17]. A imagem de medicina nuclear é também designada por cintigrafia e baseia-se na detecção de radiação Gama e X emitida por um material radioactivo [35].

Ao utilizar materiais radioactivos, a medicina nuclear intervém no diagnóstico, fornecendo informação sobre o comportamento dos diferentes sistemas do corpo humano com o recurso à detecção externa de radiação emitida pelos radiofármacos administrados. Em algumas situações especiais, também age como agente terapêutico em consequência da interacção da radiação emitida pelos radiofármacos com os tecidos patológicos [36].

A medicina nuclear, enquanto modalidade de imagem médica, tem início nos anos 50 com o surgimento do fotomultiplicador. Este equipamento multiplica a intensidade da luminescência resultante da interacção de radiações de elevada energia com o material luminescente em luminescências de elevada intensidade e, posteriormente, em sinais eléctricos [37].

Durante as décadas de 50 e 60, a utilização do iodeto de sódio associado a um fotomultiplicador e a um colimador de chumbo, permitiu o desenvolvimento de um

equipamento que fazia um varrimento sobre o paciente, permitindo a análise da distribuição do radiofármaco no corpo [35].

Em 1957, Hal Anger desenvolveu uma câmara-gama constituída por um detector de iodeto de sódio acoplado a um conjunto de fotomultiplicadores, e Kuhl e Edwards, na década de 60, construíram uma primeira versão de uma câmara-gama tomográfica. A evolução tecnológica, nomeadamente na área da computação, permitiu a utilização do computador na aquisição das imagens cintigráficas, dando origem à câmara-gama digital [37].

A câmara-gama é hoje em dia o equipamento mais utilizado em medicina nuclear. Os sinais eléctricos resultantes da interacção da radiação gama com o detector de iodeto de sódio (activado com tálio) são tratados informaticamente, dando origem a imagens planares bidimensionais (de alguma forma semelhantes às imagens adquiridas em radiologia convencional). A imagem obtida resulta da distribuição do radiofármaco no corpo do paciente, sendo a sua distribuição tridimensional caracterizada num plano bidimensional. Os equipamentos actuais permitem o recurso a matrizes de 64x64x8 *bits* e 256x256x8 *bits* para a apresentação da imagem [13].

A imagem cintigráfica pode ser adquirida de diferentes formas [35]:

- O modo de aquisição estático. Quando o detector adquire uma só imagem numa determinada localização do corpo do paciente.
- Modo de aquisição dinâmico. Quando o equipamento faz a aquisição de várias imagens separadas por intervalos de tempo pré-estabelecidos designa-se por modo de aquisição dinâmico, e serve para avaliar a excreção ou fixação de um determinado fármaco na estrutura anatómica em estudo.
- Modo de aquisição de corpo inteiro. Este modo resulta da aquisição da imagem de forma contínua ao longo de todo o corpo do paciente, dando origem a uma só imagem da totalidade do corpo.
- Modo de aquisição sincronizado. Este resulta da aquisição da imagem num determinado intervalo de tempo. Um dos estudos em se recorre a este tipo de aquisição da imagem é o estudo cardíaco, em que é correlacionada informaticamente a imagem adquirida em conformidade com a fase do ciclo cardíaco, dando origem a um estudo dinâmico do coração.

Os métodos de aquisição da imagem cintigráfica já referidos adquirem imagens planares. É também possível a aquisição de imagens cintigráficas recorrendo a processos tomográficos que se designa por tomografia de emissão fotónica simples, ou *Single Photon Emission Computed Tomography* (SPECT) [35]. Nesta modalidade imagiológica, a imagem final é construída procedendo-se à aquisição das imagens planares, ao mesmo tempo que o detector roda em volta do paciente. À semelhança

do que acontece com a TC, as imagens obtidas fornecem uma terceira dimensão das estruturas em estudo: a imagem axial.

A medicina nuclear recorre também à PET. Segundo Carreira e colegas [35] a PET consiste na detecção, visualização, e identificação de distribuições de radionuclídeos emissores de positrões, selectivamente retidos, como traçadores, em órgãos ou sistemas biológicos com interesse [35]. Os radionuclídeos são átomos estáveis que vão substituir nas moléculas átomos de igual número atómico como, por exemplo, nas moléculas de glucose e aminoácidos [36].

Os positrões, quando emitidos, sofrem um processo de aniquilação de massa quando interagem com os electrões do meio. De cada aniquilação resulta a emissão de dois fótons de igual energia, que são emitidos, regra geral, em sentidos contrários.

Pelo princípio da aniquilação da matéria, os fótons emitidos em sentidos opostos terão energia de 0,511 MeV [36]. Para se detectar os fótons Gama de 511 KeV, são colocados dois detectores de cada lado do paciente (diametralmente opostos). Os detectores estão ligados entre si, sendo possível comparar se a radiação recebida por cada um deles foi emitida de forma simultânea. Se as duas radiações tiverem sido emitidas ao mesmo tempo, o sistema considera-as válidas. O sistema só detecta os eventos que ocorrem num espaço de tempo muito reduzido (5-20 nanossegundos). A detecção em simultâneo dos dois fótons que resultaram da aniquilação do positrão fornece informação relativa à localização do radioisótopo [35].

Os equipamentos de PET possuem normalmente entre 18 a 24 anéis de detectores, possuindo cada anel entre 500 a 800 detectores com dimensões de 3x3 mm. A imagem é construída a partir da informação recolhida de cada evento de aniquilação. As imagens típicas possuem matrizes de 128x128, ou, 256x256 *pixeis*, com profundidades de 2 *bytes*.

A PET permite estudar a dinâmica de moléculas orgânicas marcadas que possuem na sua constituição emissores de positrões como por exemplo o O^{15} , C^{11} , F^{18} e o N^{13} . Desta forma, as moléculas utilizadas não têm átomos diferentes das moléculas existentes no corpo humano cujo comportamento está sob análise.

Ao contrário do que acontece com as imagens cintigráficas (sejam eles planares ou tomográficas) em que são administradas substâncias radioactivas diferentes das que existem nos tecidos em estudo, na PET são administradas moléculas cuja constituição atómica é igual às que existem no corpo humano. Desta forma é possível verificar quais as moléculas que estão a ser processadas pelas estruturas em estudo [35].

2.8 Considerações Finais

A acção do profissional de imagiologia médica está dependente de uma série de factores, de entre os quais a sua formação para a aquisição de competências. Esta formação não passa somente pelo conhecimento dos processos físicos adjacentes às diferentes modalidades de imagem médica, mas também pelo conhecimento do quadro clínico do paciente, assim como pelo reconhecimento das dúvidas que se pretendem esclarecer com a realização do exame imagiológico.

A integração do conhecimento para agir em contexto profissional está intimamente relacionada não só com conhecimentos de índole teórico, mas também com os conhecimentos que advêm do contacto com diferentes pacientes e diferentes situações clínicas. Estes pressupostos são alcançados com recurso a uma prática profissional e/ou ensino clínico em unidades de saúde. Esta formação deve ocorrer durante o tempo de formação do aluno e prolongar-se ao longo da vida do profissional de imagiologia médica em conformidade com o seu quadro de competências.

3 O Profissional de Imagiologia Médica: A Formação para a Aquisição de Competências

3.1 Introdução

A descoberta da radiação X e a sua utilização quase imediata para fins médicos levou ao aparecimento de profissionais que foram os pioneiros dos actuais médicos radiologistas e técnicos de radiologia, que actuam nas diferentes modalidades de imagiologia médica.

Um dos objectivos da imagiologia médica é a obtenção de imagens que possuam valor diagnóstico e que contribuam para a detecção, caracterização e estudo de situações clínicas. As diferentes modalidades imagiológicas contribuem, assim, de forma decisiva, para o estabelecimento de diagnósticos e realização de procedimentos mais assertivos na prevenção e tratamento da doença.

A constante evolução dos meios tecnológicos de aquisição, processamento e visualização da imagem, nas diferentes modalidades imagiológicas, promoveu uma cada vez maior especificidade da formação dos profissionais de imagiologia médica.

Para uma eficiente utilização das modalidades de imagiologia médica é importante que os diferentes profissionais possuam conhecimentos e competências adequados para a correcta abordagem da situação clínica que se pretende esclarecer, podendo recorrer para tal a diferentes estratégias de actuação. Estas não passam somente pela escolha da modalidade imagiológica que melhor se adequa ao esclarecimento de determinada situação clínica, mas também pela adopção dos procedimentos mais adequados à realização de cada exame imagiológico, tendo em conta a especificidade da situação clínica em estudo.

Torna-se assim importante que cada profissional, dentro da sua área de actuação e em conformidade com as suas competências, saiba identificar as modalidades imagiológicas mais indicadas a serem realizadas e respectiva hierarquização, assim como, dentro de cada modalidade de imagem médica, a adopção de procedimentos congruentes com o exame imagiológico a ser realizado.

3.2 As Competências Profissionais em Imagiologia Médica

Seja qual for a modalidade de imagiologia médica, podem ser identificados três profissionais (Figura 1) que desempenham uma acção primordial no esclarecimento das situações clínicas, quando do recurso à imagiologia médica:

- O médico que requisita o exame.
- O técnico de radiologia ou médico radiologista que realiza o exame.
- O médico radiologista que faz o relatório dos achados imagiológicos constante na imagem médica.

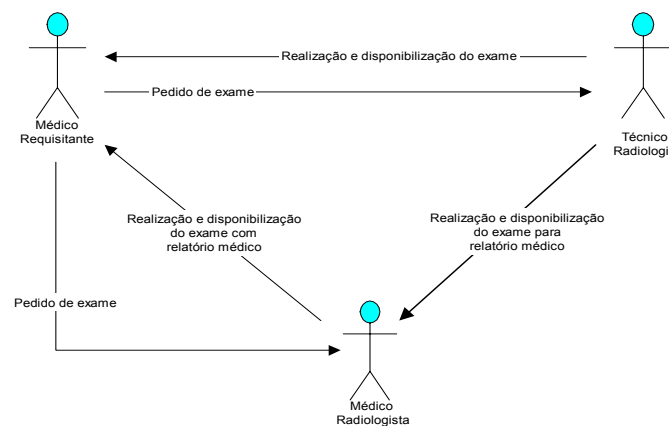


Figura 1 – Os profissionais de saúde e o esclarecimento da situação clínica

A realização do exame imagiológico começa com o pedido de exame realizado pelo médico requisitante que tem a responsabilidade de escolher a modalidade imagiológica que melhor satisfaz as necessidades de diagnóstico e, dentro de cada modalidade imagiológica, indica o exame mais adequado para o esclarecimento da situação clínica em estudo, devendo ponderar os riscos e benefícios de cada tipo de exame. Para tal deve conhecer as principais características dos exames imagiológicos assim como, relativamente a cada região anatómica, estar familiarizado com as principais indicações clínicas de cada modalidade imagiológica. Por outro lado, quando da interpretação da imagem, o médico requisitante deve compreender a anatomia imagiológica e as alterações elementares da imagem, assim como reconhecer os mecanismos fundamentais responsáveis pelas alterações evidenciadas.

Dependendo da modalidade imagiológica, o exame requisitado é realizado por um médico radiologista ou por um técnico de radiologia. A actuação de cada um destes profissionais está obviamente dependente das competências adquiridas durante a sua formação académica e no decorrer da sua actividade profissional.

Relativamente ao médico radiologista, as suas actividades passam pela intervenção quer na realização de alguns exames, quer na interpretação dos resultados obtidos.

Durante a sua acção profissional toma medidas de protecção adequadas às diferentes modalidades imagiológicas, assim como medidas terapêuticas quando da utilização de produtos de contraste [43].

No âmbito da realização dos exames imagiológicos, o técnico de radiologia realiza todos os exames da área da radiologia de diagnóstico médico, exceptuando os exames ecográficos cuja realização e interpretação no contexto nacional continua a ser realizada exclusivamente pelo médico radiologista, assim como os exames dinâmicos em que é imprescindível a visualização das imagens no decorrer do exame para a realização do relatório médico. De entre outros procedimentos, o técnico de radiologia programa, executa e avalia todas as técnicas radiológicas que intervêm na prevenção e promoção da saúde e utiliza técnicas e normas de protecção e segurança radiológica no manuseamento com radiações ionizantes [38].

3.3 A Formação em Imagiologia Médica

A formação de profissionais de imagiologia médica, nomeadamente na área do radiodiagnóstico (comummente conhecida por radiologia), teve desde sempre uma forte ligação à prática profissional.

Quer a formação do médico, quer a do técnico de radiologia, começou por ser uma formação tutorada, em que o aluno assimilava os conhecimentos que o professor lhe transmitia (formação baseada na relação interpessoal entre o aluno e o professor) em conformidade com o leque de experiências que ambos experimentavam no dia-a-dia de formação.

Uma das grandes vantagens do ensino tutorado resulta da possibilidade de existir interactividade entre os diferentes actores do processo de ensino/aprendizagem – professor e aluno – pelo que o conhecimento que advém da interacção que se estabelece durante a discussão de casos clínicos e artigos científicos é considerado uma mais valia num ensino de excelência [39].

Em qualquer uma das formações, seja a do médico radiologista ou técnico de radiologia, o formando é sempre acompanhado por um profissional durante o seu processo de formação quando do ensino clínico. Este profissional exerce as funções de tutoria e, agindo como facilitador da aprendizagem, contribui para a integração de conhecimentos por parte do aluno. Desta forma, o profissional promove o desenvolvimento de competências no formando para que este saiba identificar necessidades, estabelecer prioridades, planear intervenções, executar e avaliar o resultado das suas acções acabando o tutor por se tornar num modelo referência para o aluno [40]. Por outro lado, o sucesso deste tipo de formação depende das situações

clínicas que os doentes apresentam no espaço de tempo em que o aluno está em formação. Assim, a não existência de um número suficiente de situações clínicas aumenta a probabilidade de uma formação eventualmente deficiente de alguns conteúdos. Por outro lado, os diferentes alunos são expostos a momentos de aprendizagem também diferentes.

A transição de um ensino predominantemente tutorado para um ensino mais formal, com uma componente teórica mais acentuada, não relegou para segundo plano a formação prática em contexto clínico, na qual é promovido o contacto do aluno com diferentes situações clínicas em unidades de saúde. A evolução da formação procurou sempre acompanhar a evolução do tecido tecnológico existente na actividade profissional pelo que a utilização das Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC) na formação surgiu de forma quase espontânea para a disseminação de informação para fins formativos [41]. Um exemplo é a utilização da rede *Internet*.

A proliferação de sítios temáticos relacionados com a imagiologia médica, assim como o surgimento de programas *e-learning* para esta área, veio contribuir para um recurso facilitado à auto-aprendizagem, mas não substituiu a presença do tutor /professor na adequada formação do aluno [42]. É o tutor/professor que, seleccionando e fornecendo informação, em conjunto com a selecção de momentos de aprendizagem pertinentes para a formação do aluno, ajuda a construir modelos mentais fiáveis e suficientemente maleáveis para a resolução de problemas, recorrendo à eficiente mobilização dos conhecimentos adquiridos para o esclarecimento de diversas situações clínicas [42].

Quer a formação do médico radiologista, quer a formação do técnico de radiologia, tem uma componente eminentemente teórica, leccionada em sala de aula, e uma componente prática, leccionada em laboratório ou em unidades de saúde, que é complementada com a realização de ensinos clínicos em ambiente hospitalar.

O ensino clínico, também denominado por estágio clínico, é de extrema importância na correcta formação dos alunos, uma vez que, ao permitirem a este a aquisição de conhecimento que tem a sua génese na prática, sobretudo do conhecimento que nasce da reflexão antes, durante e depois da acção, promovem desta forma o desenvolvimento de competências em contexto profissional. Assim, pensamos que quanto maior for o número de situações clínicas com as quais o aluno tem contacto, maior serão o número de momentos de aprendizagem assim como a sua diversidade. Perante esta realidade a escolha dos locais onde decorre o ensino clínico assume grande importância na formação.

3.3.1 A Formação do Médico Radiologista e os Ensinos Clínicos

A formação em imagiologia médica do médico radiologista começa logo na sua licenciatura em medicina. Esta formação inicial tem como principais objectivos que o aluno saiba¹:

- Enumerar as diferentes modalidades imagiológicas e respectivas características.
- Enumerar as principais indicações para a utilização das diferentes modalidades imagiológicas, assim como identificar em cada uma delas a anatomia imagiológica respectiva.
- Enumerar e descrever as alterações elementares da imagem, assim como reconhecer os mecanismos fundamentais responsáveis pelas alterações verificadas.

A formação do médico radiologista, quando da especialidade em radiodiagnóstico, começa com o seu ingresso no Internato Complementar de Radiologia (ou de Radiodiagnóstico) [43]. A formação está dividida em duas grandes áreas:

- A formação em radiologia básica. Esta formação é baseada em diferentes modalidades imagiológicas como, por exemplo, a radiologia clássica, tomografia computadorizada, densitometria óssea, ultra-sonografia ou ressonância magnética.
- A formação em radiologia diferenciada. Esta formação inclui estágios em áreas de actuação específicas recorrendo às modalidades imagiológicas como apoio a outras especialidades médicas. Alguns exemplos são a radiologia pediátrica, a radiologia vascular e de intervenção e a neurorradiologia.

A duração dos ensinos clínicos nas diferentes modalidades imagiológicas obedece a um tempo de permanência mínimo em cada uma dessas modalidades. Por exemplo, para a Tomografia Computorizada (TC) o tempo mínimo de permanência é de 6 meses [43].

Apesar de ser evidente a existência de uma preocupação com o tempo dispendido na formação em determinadas modalidades imagiológicas, no pressuposto de que tal duração assegure que o formando tem contacto com todas as situações pertinentes para a aquisição de competências, tal não evita que a formação esteja dependente do número e da qualidade dos momentos de aprendizagem que ocorrem durante o ensino clínico.

¹ Objectivos de aprendizagem da disciplina Imagiologia do 3º ano do curso de Medicina da Universidade de Coimbra, com regência do Sr. Prof. Doutor Filipe Caseiro Alves.

3.3.2 O Ensino Clínico na Formação do Técnico de Radiologia

A formação do técnico de radiologia tem, desde a sua génese, uma forte componente interdisciplinar. Apesar de alguma disparidade nos currículos académicos que caracterizam a formação dos técnicos de radiologia a nível mundial, e nomeadamente a nível europeu, os planos de estudos da formação inicial dos técnicos de radiologia contêm conteúdos de disciplinas como a Física e a Química, mas também conteúdos provenientes de disciplinas relacionadas com as ciências sociais, como por exemplo, a Psicologia ou a Sociologia [44]. Este aspecto reflecte-se também nos conteúdos académicos leccionados durante o processo de formação do aluno assim como nos objectivos de aprendizagem em cada etapa da formação, nomeadamente nos ensinamentos clínicos.

Na formação de técnicos de radiologia o ensino clínico diz respeito às diferentes modalidades imagiológicas e à utilização destas no âmbito de outras especialidades médicas, como, por exemplo, pediatria (radiologia pediátrica) e neurologia (neurorradiologia). Assim, e à semelhança do que acontece na formação do médico radiologista, durante o ensino clínico o aluno tem formação em diferentes áreas como, por exemplo, em radiologia clássica, radiologia pediátrica, tomografia computadorizada, ou ressonância magnética nuclear [45]. Os objectivos a alcançar em cada ensino clínico estão dependentes das competências a serem adquiridas por parte do aluno.

À semelhança do que acontece com a formação médica, quer ao nível da licenciatura quer ao nível da formação complementar em radiodiagnóstico, também a formação dos técnicos de radiologia está dependente da qualidade, quantidade e oportunidade dos momentos de aprendizagem que têm possibilidade de usufruir. As diversas unidades de saúde onde decorre o ensino clínico em radiologia fornecem experiências de aprendizagem diferentes aos alunos que aí fazem o seu percurso de aprendizagem. Estes momentos de aprendizagem não variam somente pelo facto dos pacientes serem diferentes (e consequentemente também as situações clínicas), mas também em virtude dos meios físicos e tecnológicos existentes para o exercício profissional serem também diferentes.

3.4 *As Realidades Hospitalares e a Formação do Técnico de Radiologia*

Na formação do técnico de radiologia médica, as situações clínicas estão dependentes de uma série de factores, de entre os quais:

- A população que a unidade de saúde serve: aspectos demográficos relacionados com a idade, sexo e profissão influenciam a diversidade de quadros clínicos a esclarecer com o recurso às diferentes modalidades imagiológicas.

- As infra-estruturas, recursos humanos e valências hospitalares existentes: a existência de infra-estruturas é um aspecto essencial para a locação de profissionais, sejam eles médicos ou outros técnicos de saúde.

Devido a um conjunto de factores relacionados com a especificidade do ensino clínico em ambiente hospitalar, nomeadamente a existência de um grande número de exames para serem realizados, nem sempre estão reunidas as condições para uma reflexão profícua sobre a acção do formando quando da realização do exame imagiológico.

À semelhança do que acontece na formação médica, também na formação do técnico de radiologia a necessidade de realizar um cada vez maior número de exames imagiológicos condiciona a actividade dos tutores que, na obrigação de dar resposta às necessidades do serviço, vêem o tempo de interacção com os alunos diminuído, assim como, o tempo para a auto-formação [46]. Este aspecto contribui para uma progressiva deterioração do ambiente de aprendizagem [47], quer dos formandos, quer dos formadores [46]. Para a interacção tutor-aluno, e a par com aspectos logísticos, há que considerar os aspectos relacionados com os custos inerentes ao acompanhamento dos alunos. Relativamente às repercussões da actividade formativa nos custos na prestação de cuidados de saúde por parte dos serviços de imagiologia, um estudo realizado por Kane e colegas [48] demonstrou que os custos relativos à prestação de cuidados de saúde aumentavam ligeiramente em unidades hospitalares com esta actividade.

Por outro lado, um estudo realizado por Jamadar e colegas [49] evidenciou as repercussões da actividade docente na produtividade dos médicos radiologistas durante a interpretação de estudos radiológicos. Apesar da dependência do formando relativamente ao seu tutor poder ser diferente, dependendo do seu momento de formação (alunos num nível de formação mais avançado tendem a ser menos dependentes do tutor), neste estudo os seus autores constataram que a produtividade do médico radiologista descia para cerca de metade quando acompanhava alunos do primeiro ano de formação na especialidade de radiologia. Apesar de não ser do nosso conhecimento a existência de estudos relativos à formação do técnico de radiologia que possam comprovar ou refutar os resultados obtidos neste trabalho, estes parecem justificar a atitude reticente de alguns dos responsáveis pelos serviços de imagiologia em autorizar a colaboração dos profissionais desses serviços no ensino clínico.

No entanto, é necessário ter em conta que a existência de recursos humanos especializados, assim como de recursos materiais diferenciados, promove a utilização de um maior número de meios complementares de diagnóstico, nomeadamente de

exames de imagiologia médica, assim como maiores tempos de internamento, o que pode, numa análise menos atenta, transmitir a imagem de um aumento dos custos na prestação de cuidados por parte das unidades de saúde [48].

Para a boa formação de técnicos de radiologia não basta existirem boas instalações e profissionais empenhados. É necessário ter em conta outros factores que intervêm na formação do aluno. Um destes factores é o aumento do número de alunos que todos os anos entram nas Escolas Superiores de Saúde onde são leccionadas as licenciaturas bi-etápicas em radiologia. A par com esta situação verifica-se também o aumento do número de escolas que leccionam este tipo de formação. Estes factores têm vindo a revelar-se perturbadores na correcta formação no decorrer do ensino clínico dos futuros técnicos de radiologia. Se, por um lado, a disponibilidade das unidades de saúde para colaborarem nos ensinamentos clínicos é limitada (poucas salas de radiodiagnóstico e com elevadas taxas de ocupação), por outro lado, o número de solicitações feitas a essas unidades de saúde para receberem alunos em diferentes momentos de formação e de diferentes unidades de ensino não tem cessado de aumentar.

3.5 O Ensino Clínico e a Formação Técnica nas Unidades de Saúde

A correcta formação do técnico de radiologia não prescinde da interacção deste com o maior número de situações clínicas possível e com as imagens médicas que resultam da sua actuação. Aquando da formação, seja ela em ambiente de sala de aula, ou nas unidades de saúde, é da troca de opiniões entre alunos e professores e entre alunos, que se pretende que surja uma metodologia individual de análise e interpretação da imagem médica. Esta metodologia deverá ser assertiva e alicerçada numa base de conhecimentos sólida e congruente. Este aspecto assume grande importância, especialmente quando se pretende construir um corpo de saberes capaz de sustentar a tomada de decisão quando o aluno está perante quadros clínicos de elevada especificidade, em que o diagnóstico e posterior tratamento da doença estão dependentes da excelência do seu desempenho.

A vivência prática dos momentos de aprendizagem em contexto clínico acarreta consigo alguns problemas, que podem ser entendidos como sendo de três tipos:

- Problemas logísticos e de infra-estruturas. A presença de alunos em ambiente hospitalar pressupõe a existência de infra-estruturas que suportem uma formação de qualidade nas diferentes valências ligadas à imagiologia médica.

- Problemas de recursos humanos. Uma formação de qualidade pressupõe a existência no serviço de formadores de qualidade que, a par com a leccionação, possam cumprir com os seus compromissos profissionais.
- Problemas de rentabilidade. A formação pressupõe a disponibilidade de tempo para a transmissão de informação. Esse tempo deve ser de qualidade mas, se não for entendido como tempo de formação, é visto como um factor “externo” que interfere na produtividade do formador enquanto profissional.

Em nossa opinião, a necessidade de repensar os modelos de ensino utilizados na formação de técnicos de radiologia advém de alguns aspectos que emergem da forma como está a ser entendida a formação no espaço europeu, nomeadamente no âmbito do processo de Bolonha e do projecto *Higher Education Network of Radiographers in Europe* (HENRE) [4], mas também da análise da conjuntura socio-económica em que se realiza a formação, nomeadamente:

- Necessidade de diminuir a utilização de recursos humanos afectos quer às escolas de saúde, quer às unidades de saúde que colaboram com as escolas no decorrer do ensino clínico. A saturação dos recursos humanos pode inferir na correcta formação dos alunos. A grande pressão colocada sob as administrações hospitalares, no sentido de um maior controlo das despesas e uma maior eficiência na utilização dos recursos humanos e materiais, pode relegar para segundo plano a actividade docente que decorre nas unidades de saúde.
- Necessidade de promover uma maior eficiência do ensino, colocando o aluno no centro de toda a actividade pedagógica. Mais do que fornecer enormes quantidades de informação, é importante fornecer aos alunos ferramentas para que sejam estes a procurar a informação que acham mais pertinente para a construção do seu conhecimento, segundo o seu estilo de aprendizagem e tendo como referência os objectivos educacionais.

Devido à existência de hábitos enraizados, o envolvimento do aluno no seu processo de formação torna-se numa tarefa de difícil implementação. A promoção de um papel mais activo por parte do aluno na sua formação poderá ser o fio condutor para a formação de alunos e profissionais mais inquiridores, questionando e desenvolvendo estratégias alternativas para a resolução de problemas inerentes à sua actividade profissional.

Ao incutir nos alunos um espírito de investigação, de questionação, e de reflexão, estamos a promover a formação de profissionais mais auto-suficientes no que concerne à sua formação. Este aspecto pode traduzir-se na formação de profissionais com maior capacidade de adaptação a novas situações, estando mais motivados e com mais recursos para uma melhor formação ao longo da vida.

Para a formação de profissionais mais auto-suficientes e mais activos no seu processo de autoformação são necessários modelos de formação apoiados não só em grandes repositórios de informação, como bibliotecas de grandes dimensões e com um elevado número de casos clínicos e imagens médicas, mas também em sistemas de informação interactivos, suportados por uma estrutura de informação que promova a procura de informação complementar para o desenvolvimento de competências e, desta forma, contribua para um melhor desempenho académico e profissional. Estes sistemas de informação deverão pois permitir uma eficiente gestão dos conteúdos educacionais associados ao processo educativo, disponibilizando a informação de forma eficiente, eficaz e em tempo oportuno.

Relativamente à formação médica, Williamson e colegas [50], após se referirem a algumas das principais teorias de educação que, segundo eles, nortearam os processos de formação ao longo dos tempos (como, por exemplo, a teoria behaviorista, cognitivista e teoria construtivista), dividiram a formação em radiologia em três componente principais: numa componente curricular (o que é que é pretendido que os alunos aprendam), componente formativa (como é que se ensina), e uma componente avaliativa (como é que se sabe o que o aluno aprendeu). Estes autores concluem que os contextos em que ocorre o processo de ensino e aprendizagem poderá promover a adopção de estratégias de formação mais apoiadas numa ou noutra teoria de aprendizagem, mas que as diferentes abordagens acabam por se complementar.

A importância dos contextos de formação também é evidente nos objectivos do projecto HENRE, sendo um desses objectivos o *“Development of learning and teaching methods used in radiographic education including e-learning, active learning and context/problem based learning (C/PBL) opportunities”* [51]. Assim, é aceite a colocação do aluno no centro do processo de aprendizagem, sendo da responsabilidade do formador a adopção de estratégias pedagógicas que conduzam ao envolvimento do aluno no seu processo de formação, pois, qualquer que seja o modelo desta, não se consegue ensinar alguém que não quer aprender.

3.6 A Formação em Ambiente Hospitalar e as Tecnologias de Informação

A utilização das TIC veio alterar a prática clínica, estabelecendo-se progressivamente uma dependência desta face às tecnologias para o diagnóstico, prevenção e tratamento da doença. As TIC fornecem aos profissionais de saúde ferramentas para a recolha, processamento, arquivo e comunicação de informação [52].

A presença das TIC não se torna evidente somente nas áreas de prestação de cuidados de saúde directos à população como é o caso da sua utilização, por exemplo, nos serviços de urgência. Estas estão presentes na globalidade dos serviços hospitalares, nos quais o recurso ao computador é uma prática insubstituível, promovendo o recurso aos diferentes conteúdos que fazem parte do Sistema de Informação Hospitalar (SIH).

3.6.1 A Utilização da TIC em Ambiente Hospitalar

Em ambiente hospitalar, o recurso aos diferentes sistemas de informação é feito por indivíduos com diferentes formações, provenientes de áreas de conhecimento distintas [52]. Este facto torna a existência de formação em áreas relacionadas com a informática um factor essencial para um bom desempenho integrado com a actividade de outros profissionais.

Um exemplo que ilustra a importância atribuída a uma formação que contemple a leccionação de conteúdos relacionados com a informática e sistemas de informação, no âmbito da formação inicial de técnicos de saúde é a inclusão destas disciplinas no currículo académico. Desta forma é fornecido desde logo ao formando, entre outros recursos, um conjunto de conteúdos educacionais e ferramentas para a pesquisa e tratamento da informação em ambiente digital [53].

O facto da formação académica contemplar a leccionação de conteúdos relacionados com a informática e sistemas de informação torna-se uma mais valia para futuro técnico de radiologia quando em contacto com um contexto profissional progressivamente mais digital.

A evolução tecnológica promoveu a integração de novas tecnologias e aplicações específicas nos diferentes serviços hospitalares, fazendo despoletar a produção de múltiplos equipamentos e conteúdos por parte de entidades externas às unidades de saúde [52]. Quando da aquisição desses equipamentos, os profissionais de imagiologia médica têm muitas vezes que tomar decisões relativas à implementação e integração de novas tecnologias, alteração de processos de trabalho, implementação de critérios de qualidade tendo sempre uma especial atenção à segurança da informação [54] quando da manipulação dos dados em ambiente digital [54].

Como resultado da integração de diferentes equipamentos e aplicações informáticas surgiu a dificuldade de comunicação entre os diferentes sistemas de informação. Não só entre equipamentos de diferentes fabricantes, assim como entre equipamentos do mesmo fabricante e mesmo entre diferentes versões do mesmo equipamento, podendo provocar a entropia e consequente ineficiência da gestão dos dados relativos

ao funcionamento da unidade de saúde, nomeadamente uma deficiente gestão dos dados clínicos dos utentes.

Os aspectos menos positivos relacionados com a gestão da informação em ambiente hospitalar têm vindo a ser resolvidos com a adopção de normas de comunicação entre os diferentes equipamentos. Uma das vantagens da adopção de uma linguagem de comunicação normalizada é a de possibilitar a transmissão e integração de dados provenientes de diversos equipamentos, especialmente a transmissão de informação entre equipamentos de diferentes fabricantes, sem que deste facto resulte dificuldades de comunicação [52].

Ao nível da transmissão física dos sinais, existe uma diversidade de protocolos que assumiram uma importância primordial no ambiente hospitalar. Um desses exemplos é o protocolo *Wireless Ethernet* (IEEE 802.11) para comunicações móveis que permitem que diversas actividades médicas sejam suportadas em equipamentos móveis como, por exemplo, num *Personal Digital Assistant* (PDA) [55].

No âmbito da distribuição da imagem médica em ambiente hospitalar, foram criados ao longo do tempo um conjunto de normas para transmissão de informação. De entre estas salientamos:

- A norma *Digital Imaging and Communications in Medicine* (DICOM). Norma criada pelo consórcio *American College of Radiology-National Electrical Manufacturers Association* (ACR-NEMA) [56] e que visa garantir que a comunicação da imagem médica, acompanhada pelos dados demográficos do utente seja feita de forma a permitir uma interpretação adequada.
- A arquitectura *Health Level Seven* (HL7) [57]. Arquitectura direccionada para a uniformização dos procedimentos inerentes à transmissão de todos os dados pessoais e clínicos dos utentes. Segundo esta arquitectura, a transmissão de informação pode ser feita entre diferentes sistemas como, por exemplo, o SIH, o Sistema de Informação Radiológico (SIR) e o *Picture Archiving and Communication System* (PACS). O principal objectivo da arquitectura HL7 é o de simplificar a implementação de interfaces entre aplicações de diferentes fabricantes [13].

Para promover uma eficiente integração dos diferentes sistemas de informação hospitalar quando da utilização e interpretação dos dados disponíveis foi criado o *Integrating the Healthcare Enterprise* (IHE). O IHE pode ser considerado como um modelo de informação de alto nível que define um conjunto de normas para a utilização consensual de diversos protocolos para a realização de tarefas específicas [13], nomeadamente para a transmissão da imagem médica em formato digital.

3.6.2 A Imagem Digital na Formação

A disponibilização da imagem em formato digital contribuiu para a sua mais fácil utilização na construção de material pedagógico, conferências, assim como em acções de formação dos profissionais de saúde [58]. No entanto, a sua utilização deve revestir-se de algum cuidado, uma vez que a utilização de *software* que permite a organização e construção de material pedagógico para a apresentação de conteúdos formativos de forma simples, atractiva e de relativa facilidade de utilização, pode promover a transição de um ensino centrado no aluno para um ensino centrado no professor [39].

Por outro lado, e como aspecto positivo, o recurso a programas de *software* educacionais interactivos pode promover o desenvolvimento de papéis mais activos por parte dos formandos na sua própria aprendizagem. De entre todas as vantagens adjacentes à utilização das tecnologias educativas, salientam-se as possibilidade de os formadores reverem o material pedagógico disponibilizado aos formandos, permitindo também receber retorno relativamente à forma como os alunos aprendem [42]. Este facto pode contribuir para a modificação das posturas educacionais no sentido de uma melhoria contínua do processo de ensino e aprendizagem.

Kulick citado em Gunderman e colegas [41] refere que apesar dos resultados de estudos realizados ao longo dos anos mencionarem os efeitos positivos da utilização de tecnologias educativas na aprendizagem dos alunos, não é a tecnologia educativa utilizada isoladamente que contribui para a melhoria das prestações dos alunos, mas sim a qualidade do projecto que suporta a tecnologia educativa que aumenta a eficácia da sua utilização [42]. Por outro lado, Marchionini, citado em Gouveia [59], defende a utilização de *interfaces* alternativas que permitam a quem procura a informação, a escolha de estratégias de aprendizagem de acordo com as suas necessidades. Assim, e relativamente à formação em imagiologia médica, este objectivo pode ser alcançado se forem disponibilizadas aplicações (*software* e *hardware*) e conteúdos que permitam a utilização da imagem médica em formato digital, de acordo com as necessidades dos diferentes utilizadores.

Conforme o mencionado anteriormente, a manipulação e distribuição da imagem médica está dependente, em parte, da sua disponibilização em formato DICOM, sendo o seu armazenamento e distribuição feita com o recurso a um PACS.

3.6.3 A Análise da Imagem Médica em Formato Digital

Em ambiente hospitalar, o acesso aos exames imagiológicos passa pela interacção com o PACS. A maior parte destes são desenvolvidos sobre arquitecturas abertas

segundo as normas DICOM para a gestão, armazenamento e comunicação da imagem médica. Inicialmente, a exportação da imagem em formato DICOM começou por ser feita recorrendo a suportes físicos de armazenamento de informação como, por exemplo, o *Compact Disc – Read Only Memory (CD-ROM)* [13].

Com o desenvolvimento de interfaces DICOM de rede, passou a ser possível a exportação da imagem recorrendo ao protocolo *Transfer Control Protocol/Internet Protocol (TCP/IP)* o que facilita o acesso às imagens.

As imagens adquiridas em cada modalidade imagiológica são enviadas para o servidor do PACS e posteriormente distribuídas por estações de trabalho (*workstations*) pré-determinadas. Existem duas formas de distribuição das imagens [60].

- Recorrendo ao serviço DICOM *Storage Communications* (ou *Store-Forward*) em que as imagens são inicialmente armazenadas no servidor do PACS e posteriormente distribuídas pelas estações de trabalho,
- Recorrendo ao serviço DICOM *Query/Retrieval*, em que é necessário pesquisar e aceder às imagens a partir de estações de trabalho de visualização.

Cada ficheiro DICOM é constituído por um cabeçalho (*DICOM Header*) que armazena informação relativa ao exame (por exemplo, o nome do paciente, modalidade imagiológica ou características da imagem) e a imagem propriamente dita [61].

Os ficheiros DICOM tendem a ser de grandes dimensões, pelo que houve necessidade de recorrer à compressão de imagens para reduzir o tamanho dos ficheiros, permitindo assim uma transferência mais rápida das imagens.

O recurso à compressão das imagens deve ter sempre em atenção a informação que se pretende obter da análise da imagem, pelo que a utilização de taxas elevadas de compressão pode contribuir para a incorrecta interpretação de estruturas pertinentes para, por exemplo, o esclarecimento de uma situação clínica.

A visualização da imagem em formato DICOM não pode ser feita sem o recurso a *software* apropriado. Graham e colegas [62] dividem o *software* de visualização de imagens DICOM (*DICOM viewers*) em:

- *Proprietary DICOM viewers*. *Software* desenvolvido pelos fabricantes dos equipamentos de imagiologia (como, por exemplo, equipamentos de tomografia computadorizada) que é fornecido aos clientes quando da aquisição dos equipamentos. Normalmente são parte integrante das estações de trabalho e permitem um conjunto de actividades como, por exemplo, a manipulação e visualização da imagem isoladamente ou em conjunto, reconstruções multiplanares ou tridimensionais. Permitem ainda a exportação das imagens em suportes rígidos de armazenamento de informação (como, por exemplo, o *CD-ROM*), assim como a transformação da imagem DICOM em outros formatos como,

por exemplo, em *Joint Photographic Experts Group Format* (JPEG) ou *Portable Network Graphics Format* (PNG), permitindo assim a sua visualização num computador sem ser necessário o recurso a um DICOM viewer.

- *Third-party software*. São DICOM viewers produzidos por empresas independentes, que disponibilizam este tipo de software com fins comerciais. Um dos exemplos mais conhecidos é o *eFilm* [63]. Existem também DICOM viewers gratuitos que podem ser utilizados num computador pessoal como, por exemplo, o *Dicom Works* [64].

A existência de *software* e *hardware* que permitam a manipulação da informação associada a cada exame imagiológico é indispensável para retirar um maior aproveitamento da informação em formato digital. Estes recursos estão normalmente disponíveis em diferentes estações de trabalho.

Relativamente às estações de trabalho, estas podem ser classificadas em seis categorias em conformidade com o objectivo da sua utilização [13]. Assim, podem ser:

- Estações de trabalho com monitores para diagnóstico (*diagnostic workstation*). Estações de trabalho utilizadas pelos médicos radiologistas quando da realização do relatório médico, ou para fazer um primeiro diagnóstico, podendo também ser vantajosa a sua utilização pelo técnico de radiologia quando do controlo de qualidade das imagens adquiridas. Estas estações de trabalho são caracterizadas por possuírem monitores com resoluções espaciais elevadas (monitores de 2K pixels por 2K pixels, ou 2K pixels por 2.5K pixels) assim como excelentes luminâncias.
- Estações de trabalho com monitores para a revisão de casos clínicos (*Review Workstation*). Estações de trabalho utilizadas para análise posterior à realização do relatório médico. Pode ser utilizada por outros médicos quando da discussão de casos clínicos e não carecem de monitores com resolução espacial tão elevada como as utilizadas em diagnóstico.
- Estações de trabalho de análise (*Analysis Workstation*). Estações de trabalho cuja principal diferença relativamente às anteriores é o facto de possuírem *software* próprio para uma análise mais aprofundada das imagens. São utilizadas para pós-processamento das imagens como é o caso, por exemplo, de reconstruções multiplanares, libertando assim as outras estações de trabalho para a realização de tarefas mais específicas como, por exemplo, para a realização de relatórios médicos.
- Estações de trabalho de digitalização e impressão (*Digitizing and Printing Workstation*). Estações de trabalho utilizadas para a digitalização de imagens

provenientes de unidades de saúde externas e que chegam ao serviço em formato de película, assim como, para a impressão das imagens digitais em película para ser enviada para unidades de saúde externas. Este processo está a deixar de ser utilizado devido ao recurso à gravação dos exames em *CD-ROM*.

- Estações de trabalho interactivas para actividade docente (*Interactive Teaching Workstation*). Estações de trabalho utilizadas em actividades docentes possuindo *software* específico que permite executar simulações como, por exemplo, analisar as alterações perceptíveis na imagem resultantes da alteração das condições de exposição à radiação.
- Estações de trabalho de secretária (*Desktop Workstations*). Estações de trabalho utilizadas para actividades de pesquisa e realização de material pedagógico recorrendo às imagens armazenadas no PACS. Este tipo de estações de trabalho não carece de monitores com características especiais e pode ser utilizado como meio de acesso à rede *Internet*.

Do mencionado anteriormente parece-nos razoável admitir que a utilização de diferentes aplicações para a manipulação da imagem, e respectiva informação, em suporte digital torna o acesso ao PACS uma mais valia quando da pesquisa de material com interesse pedagógico para a formação.

3.6.4 O PACS e a Formação em Radiologia

Nos últimos anos verificou-se uma reorganização progressiva de muitas unidades de saúde, acompanhadas pela digitalização dos seus serviços de imagiologia e a adopção de PACS, o que provocou uma alteração na actividade profissional do técnico de radiologia [1].

A disponibilização das imagens em suporte digital, e consequente integração no PACS, promoveu a sua utilização quando da construção de material de apoio e realização de pesquisas no âmbito de estudos científicos [65].

A mudança promovida pela digitalização dos serviços de imagiologia também se reflectiu na formação dos médicos e técnicos de radiologia. Apesar dos sistemas de arquivo e distribuição da imagem médica não serem desenvolvidos com o objectivo de serem utilizados na actividade docente [65], o facto de permitir um acesso facilitado aos exames imagiológicos torna possível o armazenamento das imagens com interesse formativo em arquivos electrónicos construídos para esse efeito [16].

Um estudo realizado por Ozsunar e colegas [66] revelou que uma grande parte dos artigos científicos publicados em duas importantes publicações de radiologia (no *American Journal of Roentgenology* e na revista *Radiology*), entre os anos de 1999 e

2001, recorria a sistemas de arquivo e distribuição de imagem médica quando da preparação desses artigos. Os autores deste trabalho constataram também que havia uma grande disparidade entre as diferentes regiões do planeta quando do recurso a PACS para a realização de trabalhos científicos. Esta disparidade poderia estar relacionada com o acesso à tecnologia disponível nos diferentes países, estando este acesso condicionado pelas desigualdades económicas existentes entre as diferentes regiões do globo.

3.7 A Internet e a Formação em Radiologia

Com a evolução tecnológica vivida nos últimos anos, assistiu-se ao desenvolvimento de sistemas de informação utilizados no âmbito da formação/informação, promoveram uma (r)evolução na forma como é pensada a formação em radiologia. Por exemplo, o recurso à rede *Internet* promoveu um acesso facilitado à informação que, associado à existência de suportes electrónicos capazes de armazenar grandes quantidades de dados, veio promover a existência de inúmeros espaços de aprendizagem e de transmissão de informação no âmbito da radiologia, nem todos de boa qualidade [41].

Num estudo realizado por Rolland e colegas [67] é mencionada a existência de mais de 15000 sítios médicos na *web*, que abrangem um grande número de especialidades médicas como, por exemplo, a Dermatologia, a Odontologia e a Radiologia. A par com a existência de tal número de sítios, assiste-se também a uma enorme quantidade de informação que é disponibilizada aos utilizadores. Esta informação encontra-se muitas vezes disponível de forma desorganizada, tornando a sua procura uma tarefa árdua, na medida em que é difícil ao utilizador saber onde está a informação que pretende, assim como verificar a credibilidade da informação encontrada.

No decurso de um estudo realizado por Green e colegas, citado em Scarsbrook e colegas [68], onde se pretendia avaliar a qualidade da informação disponibilizada na rede *Internet* relativamente a uma determinada patologia (Osteoartrite), os autores constataram que a qualidade geral da informação disponibilizada pelos 344 sítios que analisaram era pobre. Apesar deste estudo focar somente informação relativamente a uma patologia, esta constatação torna, em nossa opinião, premente uma reflexão sobre a concepção de meios que permitam uma correcta identificação de sítios *web* como fornecedores de informação de boa qualidade.

Por outro lado, o acesso progressivamente mais fácil à rede *Internet*, a par com enorme quantidade de informação disponibilizada, está a fazer do excesso de

informação um problema cuja evolução pode ter implicações na formação adequada do profissional de imagiologia médica.

À semelhança do que acontece em outras áreas do conhecimento, a formação em radiologia não prescinde de um conjunto de infra-estruturas. A formação em radiologia não subsiste sem o que Chew [69] designa como infra-estruturas educacionais (*educational infrastructures*). Estas infra-estruturas não passam exclusivamente pela existência de salas de aula e equipamentos para a formação, mas também, por exemplo, pelo acesso a bibliotecas e sítios *web* que possam contribuir para a formação.

A disponibilização de conteúdos educacionais na *Internet* tem vindo a substituir o papel educativo atribuído tradicionalmente às bibliotecas [69]. Esta alteração resulta das inúmeras vantagens da disponibilização em linha de conteúdos educacionais, de entre as quais destacamos a possibilidade dos conteúdos serem utilizados por mais que um utilizador ao mesmo tempo, sendo possível o acesso à informação a qualquer hora e em qualquer lugar, bastando para tal uma ligação à rede *Internet*.

A utilização da tecnologia de suporte à rede *Internet* na construção de redes particulares deu origem às redes *Intranet* como meio de apoio à formação. Um dos muitos exemplos da utilização de uma *Intranet* como apoio a actividade docente é referida por Nishino e colegas [70]. No estudo realizado por estes autores relativamente à utilização de uma *Intranet* por eles construída, e que designaram por *Intranet Journal of Chest Radiology*, constataram um aumento da motivação por parte dos alunos para a construção de ficheiros de casos clínicos, para lerem artigos e para produzirem investigação em áreas do seu interesse. Os autores do trabalho concluíram que este tipo de formação fornece um conjunto de recursos educacionais para uma completa formação dos alunos a par com um conjunto de oportunidades para uma participação interactiva por parte destes na sua formação. Concluíram ainda que é necessária uma constante actualização dos conteúdos para que estes permaneçam relevantes para a formação dos alunos assim como permitam uma utilização correcta dos recursos electrónicos disponibilizados.

3.7.1 O E-Learning na Formação do Técnico de Radiologia

A crescente evolução das TIC, acompanhada por um acesso facilitado a estas tecnologias, teve como uma das principais repercussões a intensificação da utilização da *Internet* no apoio à actividade docente (*e-learning*), afirmando-se como metodologia complementar de apoio à formação, quer como metodologia isolada, quer como metodologia complementar ao ensino presencial (*blended-learning*).

Assim, o *e-learning* deve funcionar como uma metodologia direccionada ao rápido acesso e distribuição de conteúdos em ambientes digitais, com vantagens adicionais para formandos, principalmente para aqueles que, por razões várias, não podem acompanhar o processo de formação em ambiente de sala de aula. Assim, o ensino baseado na *web* (*web-based learning*) tem como principais atractivos o facto de estar disponível de forma universal, ser barato, ser acessível em qualquer lugar e em qualquer momento e poder ser actualizado de forma regular [68]. Apesar de todas as vantagens mencionadas, a falta de qualidade de muita informação que abunda na *Internet* pode comprometer a correcta formação dos utilizadores.

Sendo a imagiologia médica uma área do conhecimento muito abrangente, uma caracterização dos sítios *web* deve ser feita de forma suficientemente ampla que permita abranger o máximo de áreas científicas que intervêm na correcta formação do profissional de imagiologia médica. Esta caracterização pode ser feita com base em diferentes critérios. Relativamente aos recursos pedagógicos relacionados com a formação em radiologia disponibilizados na rede *Internet*, Scarsbrook e colegas [68] divide-os em quatro grandes grupos, ressaltando, porém, que poderão existir sítios *web* que não se enquadrem inteiramente em nenhuma destas categorias. Assim, temos:

- *Metalink websites*. São basicamente um conjunto de páginas *web* que fornecem acesso a um grande número de recursos a partir de um só local. Por vezes podem ser considerados como sendo sítios de sub-especialidades médicas ou sítios de conteúdo eminentemente técnico. Existem alguns sítios *web* que fornecem uma breve descrição relativa a cada endereço disponibilizado. Quando tal não acontece, torna-se difícil ao utilizador saber qual o sítio onde provavelmente está a informação que pretende, levando a grandes perdas de tempo na pesquisa em múltiplos sítios *web* sem interesse. A qualidade destes *metalinks* está dependente em grande parte das actualizações que sofre e o intervalo entre cada uma dessas actualizações. Um dos exemplos que caracteriza este tipo de sítios é o sítio *Aunt Minnie* [71]. Este sítio para além de disponibilizar informação acerca das últimas inovações na área da imagiologia médica, disponibiliza também uma vasta base de *teaching files* (ou casos de estudo) e endereços para outros sítios com interesse para o profissional de radiologia. Um outro exemplo é o sítio *Radiologyeducation* [72]. Este sítio fornece um enorme leque de recursos de qualidade relacionados com a formação em radiologia, organizados por sub-especialidades médicas e é regularmente actualizado. Como aspecto menos positivo tem o facto de não fornecer uma descrição dos endereços

disponibilizados, assim como ter pouca informação de apoio à formação do técnico de radiologia.

- *Teaching files.* Estes sítios são caracterizados por disponibilizarem um conjunto mais ou menos alargado de casos clínicos entendidos como *Teaching files*. Estes sítios têm como principais características a qualidade das imagens e a capacidade de disponibilizarem casos clínicos novos acompanhados por uma descrição dos casos em estudo. Um dos melhores exemplos é o *Med Pix* [73]. Este sítio disponibiliza mais de 5000 casos clínicos para estudo, possibilitando a consulta das imagens com ou sem menção do diagnóstico, mas com pouca informação relativa aos factores inerentes à aquisição das imagens.
- *Subspecialty websites.* Estes sítios *web* disponibilizam informação específica de uma determinada área de actuação dentro da imagiologia médica. Os sítios *Pediatric Radiology* [74] e *Muskuloskeletal Radiologist's Guide on the Internet* [75] são alguns exemplos deste tipo de *sub-speciality websites*. Qualquer um destes sítios *web* disponibiliza *interfaces* agradáveis, disponibilizando material educacional quer no âmbito da radiologia pediátrica, quer no âmbito da radiologia músculo-esquelética. Este último disponibiliza informação relativa a alguns aspectos técnicos adjacentes à aquisição das imagens.
- *Technique-based web resources.* São caracterizados como sítios *web* dedicados a uma determinada modalidade imagiológica e aos factores técnicos ou imagiológicos adjacentes e que suportam essa modalidade. Um dos melhores exemplos que caracteriza este tipo de recurso é o sítio *CTIsUs* [76] e fornece informação relativa a TC, fornecendo por exemplo, inúmeros tutoriais, apresentações, estudo de casos clínicos com recurso à tomografia computadorizada, imagens com interesse formativo e últimos desenvolvimentos tecnológicos nesta modalidade imagiológica. Neste grupo são incluídos os sítios *web* que disponibilizam informação relativa aos equipamentos utilizados nas diferentes modalidades imagiológicas, assim como, informação relativa aos processos físicos adjacente à aquisição da imagem em cada uma dessas modalidades. São por isso sítios com elevado interesse para a formação do técnico de radiologia.

Um aspecto transversal à grande maioria dos sítios focados anteriormente é o facto de recorrerem de forma quase sistemática a casos clínicos, que podem ser entendidos como estudos de caso, utilizados como veículos de transmissão de informação.

3.8 Considerações Finais

Da análise feita à formação dos profissionais de imagiologia médica, sejam eles médicos radiologistas ou técnicos de radiologia, parece-nos que apesar da existência do ensino clínico em diferentes momentos da formação do aluno e em diferentes modalidades de imagem médica, a formação está sempre dependente do número e tipo de situações clínicas com as quais o formando interage durante a frequência dos ensinamentos clínicos. Uma forma de disponibilizar a informação relativa a estas situações clínicas a um maior número de interessados é recorrendo às TIC.

Com o recurso a PACS, a *Intranets* e à *Internet*, os casos clínicos e a informação considerada pertinente para a formação, podem estar disponíveis em suporte digital, com todas as vantagens e desvantagens inerentes.

Na revisão bibliográfica realizada não foi evidente a existência de recursos electrónicos, vocacionados para a formação de técnicos de radiologia, que abordassem a realização do exame imagiológico de forma holística, englobando os diferentes factores que influenciam a realização do exame imagiológico e interpretação dos resultados.

Por outro lado, parece-nos evidente a necessidade de encontrar novas soluções tecnológicas que promovam uma melhor formação, o que nos impele a pensar em soluções que possam contribuir para o alcançar deste objectivo. Assim, a criação de um modelo de informação que permita uma eficiente gestão da informação associada aos diferentes momentos de aprendizagem que ocorrem nos ensinamentos clínicos será o objectivo do próximo capítulo.

4 A Gestão da Informação e o Caso de Estudo na Formação do Técnico de Radiologia

4.1 Introdução

Conforme o mencionado anteriormente, o processo formativo está intimamente relacionado com a forma como os currículos académicos e as metodologias de avaliação e formação são integrados. Tal é ainda mais importante na construção de um corpo de saberes sustentado em diferentes áreas científicas, como é o caso da formação do técnico de radiologia, o que exige que os conteúdos educacionais estejam interrelacionados. Se tal não for conseguido pode existir uma abordagem à realização do exame imagiológico de forma incompleta, sem ter em conta todos os factores com influência no desempenho da actividade profissional.

Considerando as competências a serem desenvolvidas nos formandos, nomeadamente a capacidade de construir o seu conhecimento ao longo da vida, assim como, tendo em conta a importância da interactividade entre os diferentes intervenientes no processo de formação, parece-nos desejável a existência de sistemas de suporte baseados em Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC).

4.2 O Contexto de Formação

Uma possibilidade de alterar o paradigma da formação do técnico de radiologia seria a disponibilização da informação adjacente à realização de cada exame imagiológico em formato digital. Desta forma, da informação disponibilizada poderiam fazer parte todos os dados relativos aos procedimentos realizados e resultados obtidos. A manipulação da informação com recurso às TIC tornaria possível a utilização da informação para fins formativos, como no âmbito de aulas, apresentações, avaliações, e autoformação. No entanto, deve existir o cuidado de não escamotear a importância dos diferentes contextos onde pode decorrer a formação, nomeadamente nos ensinamentos clínicos.

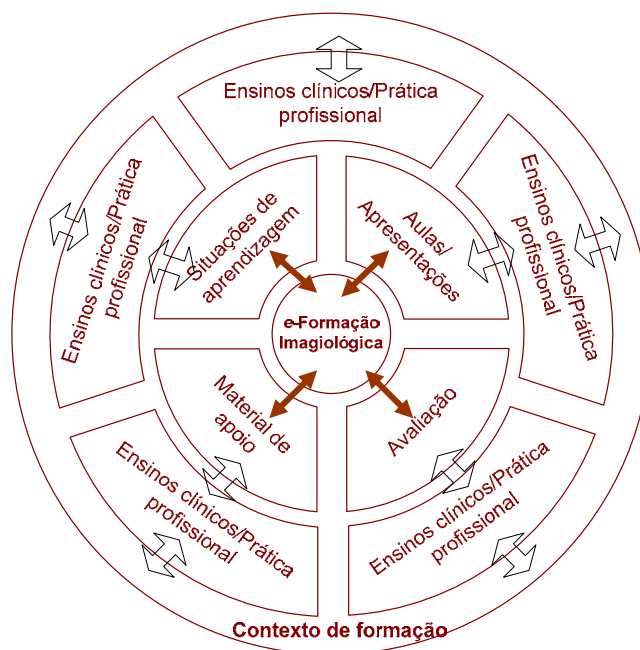


Figura 2 – A e-Formação Imagiológica

Da análise da Figura 2 constatamos que a formação pode ser condicionada por uma série de factores externos ao formando, o que faz com que o desempenho deste esteja sempre dependente do contexto em que ocorre essa formação. Assim, é necessário entender o processo de ensino/aprendizagem de forma holística, procurando que a disponibilização dos conteúdos seja feita de acordo com a forma como os diferentes contextos em que decorre a formação podem afectar o processo educativo.

Um outro aspecto a ter em conta é o de que a forma como os formandos interagem com os conteúdos digitais depende de algumas das suas características, de entre as quais podemos mencionar o seu nível de literacia informática, estilo de aprendizagem ou formação académica radiológica prévia. É, pois, necessário ter estes aspectos em consideração quando da planificação e disponibilização de conteúdos educacionais, nos processos de avaliação dos formandos, assim como, quando da avaliação dos próprios conteúdos educacionais disponibilizados. Estes factores poderão contribuir, em parte, para o sucesso ou insucesso da utilização das TIC na formação.

4.2.1 A Caracterização do Contexto de Formação

Na abordagem feita por Derntl e Hummel [77], o contexto é caracterizado como sendo um objecto de uma classe Contexto que identifica três tipos de interacção na actividade de aprendizagem:

- A actividade altera o contexto.
- O contexto altera a actividade.
- O contexto como condição.

De acordo com os mesmos autores, o relacionamento entre os contextos e as actividades de aprendizagem podem ser caracterizados das seguintes formas:

- A actividade altera o contexto (Figura 3-A). Nesta situação, é a actividade de aprendizagem que promove uma alteração no contexto em que se desenrola. Por exemplo, se o formador alterar os dados demográficos de um paciente relativamente a um determinado exame radiográfico, está a alterar o contexto de análise dos resultados desse exame. Por outro lado, se, por exemplo, o aluno demonstrar conhecimentos relativamente à importância dos dados demográficos, esse facto está a alterar o contexto de aprendizagem, uma vez que uma possível passagem do aluno para um outro nível de interacção tem como pressuposto que o aluno tenha conhecimentos prévios (contexto formação do aluno) relativos à importância dos dados demográficos.
- O contexto altera a actividade (Figura 3-B). As actividades de aprendizagem decorrem na dependência dos atributos do contexto em que decorre a formação. Uma alteração no contexto de formação pode implicar a alteração das actividades a serem desenvolvidas. Se estes dois tipos de situações ocorrerem de forma imediata, poderemos estar perante um fluxo de objectos (Figura 3-C).
- O contexto como condição (Figura 3-D). Nesta situação, são determinados atributos do contexto que vão definir qual a actividade de aprendizagem a ser realizada.

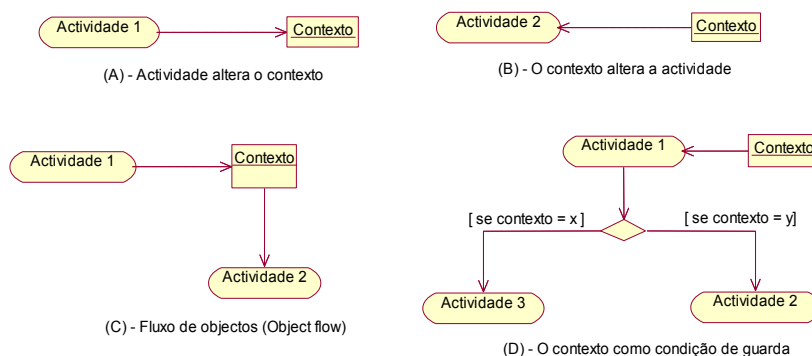


Figura 3 – As Actividades de aprendizagem e os contextos

Ao analisarmos os diferentes contextos em que pode ocorrer a formação do técnico de radiologia verificamos que a sua diversidade é enorme. Esta diversidade está associada a inúmeros factores, dos quais salientamos:

- Dimensão das unidades de saúde. Durante a formação do futuro técnico de radiologia, e no âmbito dos ensinamentos clínicos, as diferentes unidades de saúde têm por vezes valências hospitalares diferentes, pelo que os momentos de aprendizagem serão também diferentes.
- Tecnologia existente nos locais de ensino clínico. A tecnologia disponível nos diferentes locais de ensino clínico é muito diferente de unidade de saúde para

unidade de saúde, sendo essa diferença evidente não só nas áreas relacionadas com a gestão de toda a informação da unidade de saúde, mas também ao nível dos equipamentos de radiodiagnóstico com os quais quer os profissionais, quer os formandos, têm contacto.

- Momento de formação do formando. Conforme o mencionado no capítulo anterior, a formação do técnico de radiologia é feita com recurso a momentos de ensino/aprendizagem que podem ocorrer nas instituições de ensino (salas de aula e/ou laboratórios) e complementados com ensinos clínicos. Como a formação é um processo gradual, ao longo do tempo, o exercício de actividades no âmbito do ensino clínico por parte do formando depende do aporte de conhecimentos de índole teórico e teórico-prático que este recebe quando da sua formação na instituição de ensino, e que mobiliza para a actuação prática quando do ensino clínico.
- Nível de literacia informática dos formandos e formadores. O nível de conhecimentos técnicos, mas sobretudo informáticos, pode ser um factor inibidor ou potenciador da utilização das TIC no processo de formação quer por parte dos formadores, quer por parte dos formandos.

A importância dos contextos de formação também é abordada no âmbito do projecto *Higher Education Network for Radiography in Europe* (HENRE) [4], nomeadamente na construção de conteúdos educativos reutilizáveis.

Perante a diversidade de factores inerentes aos inúmeros contextos, o contributo dos diferentes intervenientes no processo de construção e consulta de conteúdos educativos em ambiente digital pode ser problemático. Alguns dos factores associados à mutabilidade dos contextos de formação podem estar relacionados com o facto do processo formativo estar em constante evolução, procurando acompanhar:

- A evolução tecnológica associada ao exercício profissional nas diferentes unidades de saúde.
- As características e distribuição geográfica das unidades de saúde onde decorrem os ensinos clínicos.
- As diferentes actividades de aprendizagem que decorrem nas diferentes unidades de saúde.

Os factores mencionados tornam a partilha da informação entre os diferentes intervenientes do processo formativo uma actividade de extrema importância e que deve ser incentivada.

Por outro lado, a interacção com estes conteúdos depende dos objectivos adjacentes à sua utilização. Assim, a informação inerente aos conteúdos pedagógicos que podem ter origem nas unidades de saúde deve ser criada de forma a que:

- Seja possível a responsabilização dos diferentes utilizadores pelos seus procedimentos assim como pelos conteúdos disponibilizados.
- Os diferentes interessados no processo formativo (formandos, tutores, docentes ou outro tipo de utilizadores) possam interagir com a informação em conformidade com os seus objectivos.
- A informação esteja sempre disponível independentemente do local de acesso.
- A informação esteja acessível qualquer que seja a aplicação utilizada para interagir com o sistema de informação.

4.2.2 O Utilizadores e as Aplicações Informáticas para a Formação

Perante o contexto de formação descrito anteriormente, a partilha eficiente e eficaz da informação poderá ser realizada com recurso a uma arquitectura de aplicações em rede. Segundo Queirós [78], este tipo de arquitectura apresenta vantagens, uma vez que possibilita subdividir as infra-estruturas tecnológicas, o que, no caso do acesso à informação inerente à formação do técnico de radiologia nas diferentes unidades de saúde, pode permitir a criação de plataformas tecnológicas com diferentes especificidades, em conformidade com as tarefas a serem desenvolvidas pelos diferentes utilizadores, e de acordo com as características dos locais de formação.

Por outro lado, este tipo de arquitectura permitiria também criar diferentes aplicações, em conformidade com as necessidades do momento de formação, mas sem hipotecar a satisfação de necessidades de informação que possam vir a surgir no futuro.

Associado a uma arquitectura de aplicações em rede pode estar um repositório central de dados que permita o armazenamento de toda a informação relativa a conteúdos educativos, sem todavia impedir a criação de repositórios próprios de informação nos diferentes locais de formação.

Uma outra vantagem de uma arquitectura de aplicações em rede seria a de possibilitar a troca de informação entre profissionais, formandos e formadores das diferentes unidades de saúde, e entre estas e a instituição de ensino.

Assim, e de forma a permitir a utilização da informação proveniente dos diferentes intervenientes do processo educativo, as aplicações deveriam satisfazer um conjunto genérico de requisitos funcionais, dos quais salientamos:

- Permitir inserir, apagar e/ou alterar informação relativa aos diferentes conteúdos educacionais inerentes aos diferentes momentos de aprendizagem que ocorrem nas unidade de saúde, e que poderão ter interesse formativo para outros utilizadores do sistema.
- Permitir o acesso a material de apoio para o entendimento de outro material de formação disponibilizado no sistema de informação.

- Permitir a partilha de informação entre os diferentes intervenientes no processo formativo, qualquer que seja a localização geográfica ou aplicação utilizada.
- Permitir actividades de autoavaliação, fornecendo *feedback* rápido e assertivo.
- Permitir a integração de novos módulos de informação ao longo do tempo em conformidade com as necessidades dos utilizadores do sistema.

A gestão eficaz dos acessos à informação pode estar sujeita a perfis de utilização a serem criados pelo administrador do sistema de informação.

Para além da existência de um repositório de informação que armazene os conteúdos educativos, qualquer que seja a localização geográfica do utilizador, é necessário ter em conta não só as características deste, mas também a complexidade e diversidade de processos que pode constituir a construção e interacção com a informação em suporte digital.

A Figura 4 pretende representar, recorrendo à linguagem de modelação *Unified Modelling Language* (UML) [79], os diferentes utilizadores (Actores) e algumas das acções que cada um deles pode realizar quando da interacção com o modelo de informação. Os Casos de Utilização da Figura 4 representam algumas funções que podem estar disponíveis em diferentes aplicações, disponibilizadas em função do perfil dos seus utilizadores, podendo permitir a realização de actividades que possam estar relacionadas com a especificidade do contexto profissional.

Se no exemplo demonstrado na Figura 4 o acesso aos diferentes conteúdos pressupõe a validação prévia dos utilizadores pelo sistema de informação, numa outra abordagem o acesso ao sistema de informação poderia estar condicionado a um *login* e *password* associado a um determinado perfil de utilizador, estabelecendo desde logo os conteúdos a que o utilizador poderia ter acesso.

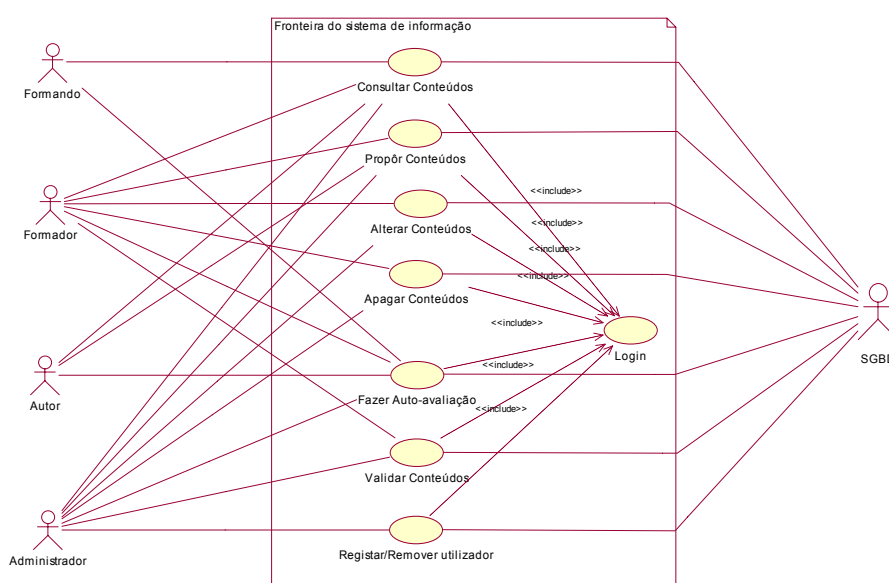


Figura 4 – Diagrama de Casos de Utilização de alto nível

Tendo em conta os objectivos adjacentes à utilização da informação digital em ambiente formativo, podem ser identificados vários tipos de utilizadores, de entre os quais salientamos os seguintes; os Formadores, os Autores, os Formandos e o Administrador do sistema de informação.

Sendo o objectivo do presente trabalho a gestão da informação associada à formação do técnico de radiologia, serão as actividades formativas e os conteúdos educacionais relacionados com este utilizador objecto de análise das próximas secções.

4.2.3 O Formando e a Interacção com os Conteúdos Educativos

O formando é o utilizador que recorre aos conteúdos educacionais para fins formativos. Alguns desses conteúdos/recursos poderão ser disponibilizados no decorrer de actividades específicas, como sejam a consulta de material de apoio à formação ou material de avaliação.

Tendo como objectivo uma correcta gestão da informação, é necessário assegurar que todos os dados podem ser acedidos de forma simples, segura e contextualizada, por todos os utilizadores. Para tal, a informação carece também de uma estruturação, consistência e semântica conhecida dos diferentes utilizadores, contribuindo assim para a assertividade das actividades desenvolvidas pelo formando.

Os processos associados às actividades que envolvem os conteúdos educativos podem ser entendidos como processos de aprendizagem ou *learning process* [80]. Estes processos são constituídos por actividades de aprendizagem predefinidas, realizadas numa sequência também predefinida. Ainda segundo estes autores, uma actividade de aprendizagem pode ser constituída por outras actividades ou ser somente uma actividade elementar. Somente estas podem ter conteúdos educacionais associados. As actividades podem ser realizadas por formadores ou formandos.

O conceito de processo surge neste trabalho como um conjunto de actividades de aprendizagem (que podem ser subdivididas em sub-processos) desenvolvidas com um determinado objectivo. O objectivo associado a cada actividade pode ser, por exemplo, o esclarecimento de dúvidas clínicas após a realização de um determinado exame imagiológico.

Podemos considerar cada processo como tendo a sua génese num conjunto de actividades que se complementam entre si. Para além de se influenciarem mutuamente, podem também sofrer a acção de factores externos que influenciam os resultados dessas actividades (como, por exemplo, a formação académica prévia).

Quando da realização das diferentes actividades que fazem parte do processo de ensino/aprendizagem, o formando pode recorrer a recursos externos (como, por exemplo, o recurso a *DICOM viewers*) ou a recursos que surgem como resultado de

outras actividades (como, por exemplo, dados que resultam de actividades de consulta de material de apoio). Assim, a gestão dos diferentes recursos e conteúdos educacionais a disponibilizar deve ter em conta as diferentes necessidades que os formandos podem apresentar, devendo estar sempre acessível informação que possa contribuir para a evolução do aluno ao longo da sua formação. Estas necessidades podem resultar da progressão deste através dos diferentes processos e sub-processos que constituem a interacção com diferentes conteúdos como, por exemplo, os processos inerentes à análise da informação clínica que justifica a realização do exame imagiológico.

4.3 O Estudo de Caso na Formação do Técnico de Radiologia

A informação a ser disponibilizada no âmbito dos conteúdos educacionais tem sempre como objectivo final contribuir para a formação de competências nos formandos. Para tal, a informação deve possuir um determinado significado e objectivo, e este pode estar associado a inúmeros cenários ou contextos de actuação. Ou seja, é desejável que o formando quando em contacto com a informação, a consiga integrar no conjunto de actividades inerentes à realização do exame imagiológico e análise dos resultados. Desta forma pode ser fomentada no formando a mobilização de conhecimentos de índole teórico para posterior aplicação prática quando da realização do exame.

Quer a realização dos procedimentos inerentes ao exame imagiológico, quer a análise dos resultados desse procedimento, carecem do conhecimento e entendimento da informação clínica que justificou a realização do exame. Assim, cada exame imagiológico é realizado com o objectivo de estudar uma determinada situação clínica, ou seja, um caso clínico.

Parece-nos que, se considerarmos a apresentação do exame imagiológico com interesse formativo como sendo um caso clínico, passível de ser estudado pelo formando segundo uma metodologia de estudo de caso, será mais fácil ao formando o entendimento de conteúdos leccionados, estando desta forma favorecido o processo de aprendizagem. Por outro lado, o estudo de caso apresenta a informação em contexto, fazendo desta forma a ponte entre a teoria e a prática [81].

Um outro aspecto a ter em conta é que a aprendizagem também é favorecida pela analogia, estrutura e organização da informação, assim como pela apresentação da informação em unidades incrementais [82].

A utilização do estudo de caso (ou *case study*) como método de ensino e aprendizagem não é recente. A sua utilização teve início em 1870 na *Harvard Law School* e a sua aplicação no âmbito da formação em medicina deu origem ao *Problem*

Based Learning (PBL) e integra um conjunto variado de recursos, procurando assim motivar os alunos para a aprendizagem de factos e princípios específicos. No PBL os estudos de caso disponibilizados são sempre baseados na situação clínica de um paciente, podendo a informação fornecida ser incompleta, o que segundo Chew e colegas pode provocar posteriormente uma interpretação diferente por parte dos diferentes formandos [83].

O tipo de estudo de caso apresentado aos alunos é também um aspecto a ter em conta. Por exemplo Reynolds, citado por Herreid [84], define três tipos básicos que são utilizados nas escolas de gestão que podem ser apresentados de forma escrita:

- Estudo de caso de decisão (*Decision or dilemma cases*). Neste tipo de estudo de caso são apresentados problemas ou a necessidade de tomada de decisão relativamente a um aspecto central do caso em estudo como, por exemplo, a aplicação de uma determinada lei ou norma.
- Estudo de caso temático (*Appraisal cases*). Este tipo de estudo de caso é utilizado para a análise de uma situação num determinado contexto, fomentando desta forma a capacidade de análise dos formandos, desenvolvendo nestes a construção de juízos críticos relativamente à situação em estudo tendo em conta o contexto em que se desenrola o caso de estudo.
- Estudo de caso de "referência" (*Case histories*). Este tipo de estudo de caso é baseado em relatos, ou narrativas, de situações ou problemas ("histórias") acabados, sendo fornecida toda a informação relativa ao problema e à forma como foi resolvido. Este tipo de estudo de caso serve como modelo de referência.

Assim, ao utilizar o estudo de caso como ferramenta de apoio à formação, o formando poderá fazer uma analogia entre a informação disponibilizada e os conhecimentos que possui relativamente à área temática abordada.

No âmbito do trabalho aqui apresentado, e tendo como referência o estudo de caso como ferramenta de apoio à formação, preconiza-se que a disponibilização em ambiente digital da informação relativa aos momentos de aprendizagem, que servem de base aos estudos de caso, obedeça a uma estrutura que, por um lado facilite a utilização de conteúdos diferenciados por parte do utilizador nos diferentes momentos do seu processo de aprendizagem, e, por outro lado, que estes momentos de aprendizagem estejam integrados com outros recursos de informação como, por exemplo, material de avaliação ou de apoio educativo. A estrutura de informação que suporta este conjunto de recursos de informação integrados e interrelacionados designou-se como Caso de Estudo (CE).

Ao estruturarmos a informação de forma organizada, e que reflecta a realização do exame imagiológico em ambiente clínico, estamos a facilitar a compreensão por parte do formando das regras e da informação que sustentam a realização de cada exame.

Por outro lado, o contacto com o CE deve reflectir uma abordagem do exame imagiológico feita de forma incremental, procurando assegurar que o formando não transite de nível de informação sem possuir conhecimentos mínimos relativos ao nível de informação anterior. Assim, pensamos que os conteúdos devem ser disponibilizados gradativamente, com níveis de especificidade crescente, permitindo, desta forma, uma actualização gradual do nível de conhecimentos por parte do formando ao longo dos processos e sub-processos que podem fazer parte da interacção do formando com os conteúdos do CE.

Os dados disponibilizados em cada processo de aprendizagem podem variar em conformidade com o momento de formação do formando, ou seja, dependendo do nível de conhecimentos do formando assim a informação disponibilizada será diferente. Desta podem fazer parte:

- Dados descritivos. Constituem informação pertinente para o entendimento do estudo de caso como, por exemplo, dados demográficos ou dúvidas a esclarecer com a realização do exame.
- Outro tipo de dados. Poderão ser, por exemplo, imagens médicas para identificar, interpretar ou legendar.

Sob o ponto de vista dos conteúdos pedagógicos, tendo por referência o conteúdo profissional do técnico de radiologia [38] e o preconizando pela *American Society of Radiologic Technologists* [85], o CE deve fornecer ao formando informação que lhe permita:

- Avaliar a informação relativa ao paciente para justificar os procedimentos no decorrer do exame imagiológico.
- Identificar dados pertinentes para a realização do exame imagiológico.
- Identificar os processos patológicos e os parâmetros fisiológicos associados ao quadro clínico.
- Entender a realização do exame imagiológico tendo em conta as necessidades do paciente e o contexto clínico adjacente à realização do exame.
- Entender a utilização de medidas de protecção (contra radiações ou outras) do paciente, acompanhantes e de profissionais de saúde que possam acompanhar o paciente.
- Identificar a realização dos exames imagiológicos mais apropriados ao esclarecimento da situação clínica.
- Reconhecer as necessidades físicas, psicológicas e sociais do paciente, evidenciadas no decurso do exame imagiológico.
- Saber seleccionar o equipamento de radiologia, as técnicas e os parâmetros de exposição que permitam minimizar a dose de radiação e otimizar o diagnóstico.

- Identificar e compreender a utilização dos equipamentos no decurso no exame de forma a adquirir imagens com qualidade diagnóstica.
- Mobilizar conhecimentos para a fundamentação dos procedimentos realizados.
- Mobilizar conhecimentos sobre a anatomia normal, incluindo o seu desenvolvimento e modificação ao longo da vida, assim como variações que podem ocorrer na população.
- Identificar as estruturas anatómicas normais visualizadas na imagem que resulta da realização do exame imagiológico.
- Avaliar os resultados imagiológicos relativamente às dúvidas a esclarecer com a realização do exame assim como à sua qualidade.
- Procurar as soluções mais apropriadas para o esclarecimento de eventuais dúvidas que possam surgir da realização do exame imagiológico.
- Interpretar a informação e os dados disponibilizados, de forma a saber justificar a realização de exames complementares.
- Entender a tomada de decisão apropriada, fundamentando-se no conhecimento da anatomia, fisiologia, patologia e na técnica de realização do exame imagiológico relativamente ao estudo em causa.

A monitorização da eficácia e eficiência do CE disponibilizado ao formando pode ser feita com recurso a actividades de avaliação, sejam elas formativas ou somativas.

4.3.1 Os Conteúdos Educativos e as Actividades de Avaliação

A avaliação de conhecimentos poderá ser de dois tipos [86]:

- Avaliação formativa. Avaliação que se destina fundamentalmente à aferição dos conhecimentos do formando relativamente a determinados conteúdos educacionais, e pode surgir quando do contacto inicial do formando com o estudo de caso, ou no decorrer da interacção deste com os conteúdos disponibilizados, podendo o formando optar por actividades de actualização e aprofundamento dos seus conhecimentos.
- Avaliação somativa. Avaliação que se destina a classificar o desempenho do formando com base numa escala de valores pré-estabelecida. Este tipo de avaliação pode surgir no fim da análise do estudo de caso para aferir do nível de conhecimentos que este possui relativamente à temática em estudo.

O tipo de instrumento de avaliação a ser construído poderá depender de factores como, por exemplo, das competências a desenvolver no formando, dos recursos pedagógicos disponíveis, dos conhecimentos prévios do aluno relativamente ao domínio do problema ou da terminologia utilizada.

À semelhança do proposto por Stamey e Saunders [87], o processo de avaliação poderá ter por base a Taxonomia de Bloom. Esta taxonomia *"estabelece uma*

sequência hierarquizada de seis níveis de abstracção das actividades mentais” [88] que vão desde o simples conhecimento de um determinado facto e compreensão de uma situação, evoluindo para a aplicação dos conhecimentos em situações similares, construção de sínteses que permitam ao formando construir soluções individuais e proceder à avaliação de situações novas [88]. A cada um destes níveis podem estar associados diferentes tipos de questões, caracterizadas na Tabela 1.

Nível: Conhecimento	
Tipo de questão	Escolha múltipla, Verdadeiro/Falso, Correspondência.
Âmbito	Terminologia, Factos específicos.
Nível: Compreensão	
Tipo de questão	Resposta curta, Preenchimento.
Âmbito	Interpretação, Extrapolação
Nível: Aplicação	
Tipo de questão	Fornecido um cenário.
Âmbito	Seleccionar a solução mais certa.
Nível: Análise	
Tipo de questão	Determinar parâmetro em falta para alcançar determinado objectivo.
Âmbito	Dados, Relacionamento entre os dados.
Nível: Síntese	
Tipo de questão	Fornecido um cenário.
Âmbito	Apresentar soluções para resolver o problema.
Nível: Avaliação	
Tipo de questão	Avaliação dos resultados em conformidade com critérios preestabelecidos.
Âmbito	Julgamento em conformidade com processos de realização do exame. Julgamento em conformidade com o resultado percebido.

Tabela 1 – A Taxonomia de Bloom e as questões de avaliação adaptado de Stamey e Saunders [87]

Independentemente do tipo de avaliação, os desempenhos menos conseguidos devem encaminhar sempre o utilizador para a consulta de conteúdos educativos que possam colmatar défices de conhecimentos evidenciados. Nestes casos, o formando poderá continuar com o processo de auto-avaliação somente após consultar informação de apoio disponibilizada pelo formador.

A Figura 5 pretende caracterizar um exemplo de estrutura da informação adjacente ao material de avaliação. Cada uma das classes representa o conjunto de questões associadas a um tipo de avaliação. Por exemplo, o tipo de questões a serem colocadas para aferição de conhecimentos poderá ser do tipo de escolha múltipla, verdadeiro/falso, ou de correspondência, e poderá recorrer a imagens ou outros conteúdos multimédia.

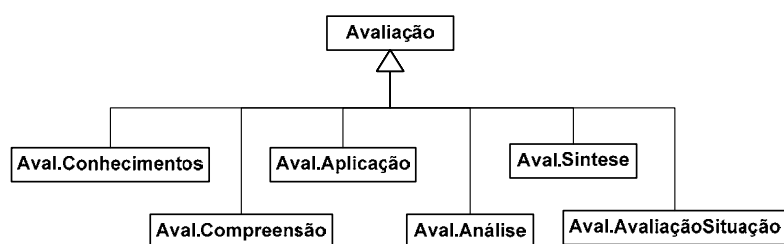


Figura 5 – Os tipos de Avaliação

Por outro lado, por exemplo na avaliação da capacidade de síntese, apesar das questões serem colocadas com base num cenário em que é pedido ao formando para apresentar soluções para resolver um eventual problema, também é possível recorrer a conteúdos educacionais utilizados no âmbito de outro tipo de questões. O que poderá diferenciar esta abordagem é a forma como os diferentes conteúdos educacionais são adaptados às questões colocadas.

Um aspecto importante a ter em conta quando da construção de conteúdos de apoio é o facto de, muitos deles (sobretudo os que recorrem a imagens de grandes dimensões) requerem muito espaço de armazenamento, o que pode provocar a necessidade de recorrer a repositórios de informação de grande capacidade.

4.3.2 Os Conteúdos Educativos e o Modelo de Informação

Os recursos de informação associados à utilização de um CE para apoio à formação do técnico de radiologia carecem de uma estrutura de informação que suporte a complexidade das actividades inerentes ao processo de ensino/aprendizagem.

Partindo do que foi até agora exposto, podemos reduzir as principais fontes desta complexidade a três factores: recursos humanos, as realidades tecnológicas adjacentes à formação, e as competências a serem criadas nos intervenientes do processo de formação. Assim, ressalta a necessidade de pensar um modelo de informação que, por um lado, permita registar toda a informação pertinente para o correcto entendimento dos procedimentos inerentes à realização do exame imagiológico em todas as suas dimensões e, por outro lado, que seja um modelo de informação independente do tecido tecnológico em que o formador ou formando exercem a sua actividade, ou seja, um modelo independente das aplicações que possam ser utilizadas. Assim, este deverá ser:

- Abrangente – de forma a garantir o registo de todos os dados pertinentes de forma organizada e consistente, sejam eles imagens ou outros conteúdos pertinentes para a formação.
- Flexível – permitir a alteração de conteúdos e, consequentemente, a adaptação destes a situações novas, inerentes à diversidade dos contextos em que a formação decorre.
- Modular – os conteúdos a disponibilizar variam em conformidade com os objectivos de aprendizagem, pelo que a subdivisão em módulos poderá facilitar a sua reutilização.
- Expansível – permitir evoluções ao longo do tempo ao nível da estrutura de informação, ou seja, a utilização dos recursos disponibilizados deve evidenciar um modelo de informação que congregue as necessidades dos utilizadores no

presente, mas que permita a integração de outros recursos que venham a ser importantes no futuro.

Tratando-se de um modelo de informação que tem a pretensão de ser utilizado por diferentes aplicações, estas deverão:

- Permitir ao formando reflectir sob a forma como o profissional de radiologia interpreta os múltiplos dados que fazem parte do pedido do exame, realização técnica e análise dos resultados.
- Permitir o encaminhamento do utilizador para conteúdos pedagógicos ainda não suficientemente assimilados.
- Permitir utilizar uma terminologia condizente com a utilizada em ambiente profissional.
- Permitir a disponibilização de informação pertinente durante todo o processo de formação do utilizador.
- Tornar evidente a responsabilização de quem produz a informação, assim como, uma correcta definição dos contextos associados à realização de cada exame.
- Permitir a identificação dos conteúdos educativos, disponibilizando toda a informação necessária para a sua utilização em ambiente formativo.

A par com as características mencionadas, o modelo de informação deverá possibilitar uma visão longitudinal sobre todos os conteúdos educacionais disponibilizados, de forma a permitir uma melhor programação do processo de interacção/aprendizagem por parte do utilizador.

4.4 O CE e a Modelação da Informação

A construção do CE tem por base a informação que resulta da recolha de dados relativos à realização de um exame imagiológico, para posterior utilização em ambiente digital, e não se resume à descrição de um determinado momento de aprendizagem mas também a um conjunto de recursos pedagógicos. Assim, a construção de um CE sem um modelo de informação que suporte de forma definitiva todos os dados que dele fazem parte seria insustentável, uma vez que sendo grande a diversidade de recursos, quer humanos, quer tecnológicos, quer pedagógicos inerentes às diferentes realidades profissionais e educativas, seria enorme a entropia criada entre os diferentes intervenientes do processo de ensino e aprendizagem.

4.4.1 O Modelo de Informação

Por forma a garantir uma melhor gestão da informação que resulta da criação do CE e de todos os conteúdos educacionais adjacentes, começámos por se considerar este

como sendo constituído por diferentes módulos de informação, estando as características de cada um desses módulos dependentes da sua finalidade.

Tendo em conta, por um lado o facto de a realização do exame imagiológico ser considerado como sendo a prestação de um cuidado de saúde e, por outro lado, a complexidade adjacente à pretensão de pensar um sistema de informação suficientemente abrangente, a aproximação ao problema teve por base dois tipos de metodologias utilizadas para ao registo de dados relativos à prestação de cuidados de saúde: a metodologia utilizada por Queirós [78] em que é apresentado um modelo de informação capaz de armazenar toda a informação relacionada com os utentes das Instituições Particulares de Serviço Social (IPSS) para integração no Processo Electrónico do Utente (PEU) e a metodologia utilizada pela *The openEHR Foundation* [89] que define o conceito de *composição* como uma unidade de informação que resulta da interacção de um prestador de cuidados de saúde com o *Electronic Health Record* (EHR). Esta unidade de informação é constituída não só por itens persistentes como, por exemplo, a morada do doente, mas também por itens que permitem registar eventos com pertinência para a prestação de cuidados de saúde futuras [89]. O conjunto de informação relativa ao doente é armazenado em “pastas”, classificadas em conformidade com a informação aí armazenada, o que permite, entre outros aspectos, um acesso mais assertivo à informação.

Estas metodologias de recolha de informação, associada à prestação de cuidados de saúde, parecem-nos suficientemente abertas e flexíveis, tornando-as num ponto de referência para a modelação da informação adjacente à construção e manutenção do CE aqui proposta.

Tendo em conta a mutabilidade associada aos diferentes contextos em que pode decorrer um momento de aprendizagem, a modelação da informação que lhe é inerente teve como base o facto de haver informação que deve surgir quando da caracterização dos dados que constituem o CE, sendo esta informação considerada como persistente, e um outro conjunto de dados que surge em conformidade com as necessidades de registo de informação inerentes à especificidade de cada CE e caracterizada como dinâmica.

Com base no mencionado anteriormente, podemos considerar o CE como sendo constituído por dois níveis de informação:

- De um primeiro nível faz parte a informação que caracteriza e fornece o contexto do CE e, nessa medida, pode ser considerada como Informação Contextual de Alto Nível (ICAN) do CE. A par com esta informação existe a informação que caracteriza as entradas que constituem o CE, e pode ser considerada como sendo a informação que consta do cabeçalho de cada uma delas. Quer a ICAN, quer as entradas são caracterizadas por dados persistentes.

- De um segundo nível faz parte a informação que constitui o CE propriamente dito, e que se encontra distribuída pelas diferentes entradas que compõem o CE. No contexto do trabalho aqui apresentado, a entrada é uma unidade de informação que caracteriza uma ou mais colecção de dados.

Uma colecção de dados estrutura a informação que é registada no CE sob a forma de itens, dando origem a colecções de itens. O item é caracterizado por uma designação e por um valor e é a unidade de informação elementar que constitui a informação disponibilizada nas colecções que, por sua vez, fazem parte das entradas.

As entradas são caracterizadas por um cabeçalho. O cabeçalho é formado por um conjunto de informação que contextualiza a entrada na estrutura interna do CE.

Relativamente ao CE, a sua contextualização num repositório de CE pode ser feita pela informação que faz parte da ICAN (e que o caracteriza), permitindo uma mais fácil indexação da informação e, consequentemente, um acesso facilitado aos dados que fazem parte de cada CE.

Conforme mencionado anteriormente, dependendo do tipo de informação, assim esta pode ser considerada como informação persistente ou informação dinâmica. Na estrutura de informação que apresentamos, a informação que faz parte da caracterização, quer do CE, quer das diferentes entradas, é considerada como sendo informação persistente, uma vez que a forma como é caracterizada cada entrada é transversal a todos os CE, o mesmo acontecendo com a ICAN.

Relativamente às colecções e aos itens que as compõem, estes elementos de informação são os grandes responsáveis pela flexibilidade e expansibilidade da estrutura de informação, podendo ser considerados como constituindo informação dinâmica. As colecções, ao congregarem itens que podem assumir variados valores, e, podendo uma colecção possuir uma ou várias outras colecções de itens, transformam-se em estruturas de informação de elevada adaptabilidade a novos contextos. Estas características permitem a sua utilização na integração da informação de forma dinâmica nos CE, em conformidade com a complexidade da informação a ser inserida e com as necessidades a serem satisfeitas. A Figura 6 representa os principais componentes do modelo de informação do CE.

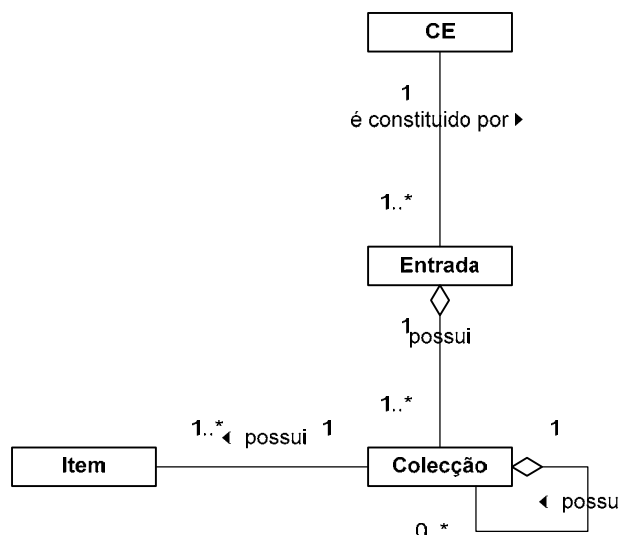


Figura 6 – Modelo de informação de alto nível do CE

Ao analisarmos a Figura 6, podemos extrapolar que um CE é constituído por uma ou mais entradas. Cada entrada pode agregar uma ou mais colecções. Uma colecção pode conter (ou não) outras colecções e é constituída/caracterizada por itens.

4.4.2 A Informação Contextual

A ICAN reúne um conjunto de dados que permitem a correcta contextualização, identificação e caracterização do CE, que poderá ser relativo, por exemplo, a um exame de radiologia convencional.

Da ICAN pode fazer parte um conjunto de dados como, por exemplo:

- Nome. Designação textual do CE.
- Identificador. Elemento que identifica o CE.
- Nome do Autor. Nome do autor que fornece o CE.
- Identificador do Autor. Elemento que identifica o autor do CE
- Nome da Área Científica. Área científica predominante objecto do CE, e poderá assumir valores como, por exemplo, Tecnologia da Imagem, Física da Imagem e da Radiação, Anatomia e Fisiologia Humana, Técnica Radiográfica ou Imagiologia Clínica.
- Identificador da Área Científica. Elemento que identifica a área científica predominante objecto do CE.
- Nome do Formador. Nome da pessoa que valida o CE.
- Identificador do Formador. Elemento que identifica formador que valida o CE.
- Nome de Exame. Nome do exame radiográfico realizado e que serve de suporte ao CE.
- Identificador do Exame. Elemento que identifica o exame realizado.

- Data de Recepção. Data em que o CE foi recebido pelo formador.
- Data de Validação. Data em que o CE foi validado.

Do que foi apresentado, a ICAN contextualiza o utilizador relativamente aos conteúdos disponíveis (Figura 7).

O nível de granularidade contextual aumenta à medida que se considera as entradas, colecções e itens.

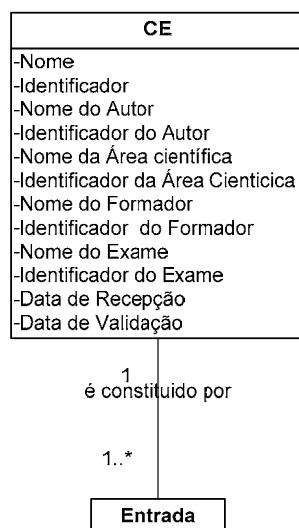


Figura 7 – A Informação Contextual de Alto Nível

4.4.3 A Narrativa e as Entradas do CE

Conforme o mencionado anteriormente, cada CE tem por base um momento de aprendizagem com interesse formativo, que pode ser entendido como um estudo de caso, que deriva da realização do exame radiográfico. Uma forma de descrever os procedimentos e informação inerente ao exame realizado é recorrendo a uma descrição textual feita sob a forma de narrativa. Assim, cada CE possui uma narrativa que é caracterizada pelos itens Nome, Identificador, Descrição e Glossário (Figura 8).

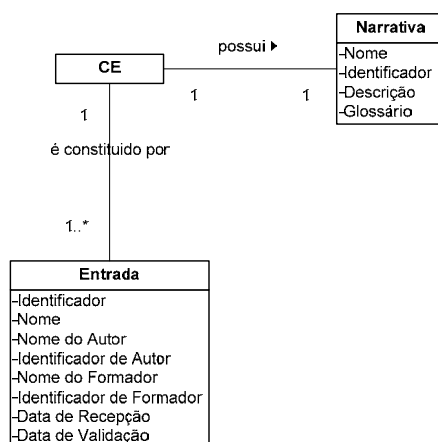


Figura 8 – A narrativa e as entradas do CE

Cada CE é constituído por entradas. Cada entrada pode ser caracterizada por um conjunto de dados que podem ser entendidos como fazendo parte do cabeçalho. Este contextualiza a informação disponibilizada na estrutura interna do CE (Figura 8). Dessa caracterização pode fazer parte:

- Identificador. Elemento que identifica a entrada, permitindo a sua indexação para um mais fácil acesso à informação.
- Nome. Nome da entrada.
- Nome do Autor. Nome do autor.
- Identificador do Autor. Elemento que identifica o autor que criou a entrada.
- Nome do Formador. Nome do formador responsável pela validação.
- Identificador do Formador. Elemento que identifica o formador responsável pela validação.
- Data de Recepção. Data em que a entrada foi recebida.
- Data de Validação. Data em que a entrada foi validada.

4.4.4 As Entradas e o CE

Com base no trabalho realizado por Tuparov e colegas [90] e nos conteúdos educativos relacionados com a formação do técnico de radiologia, podemos considerar o CE como sendo constituído por entradas de diferentes tipos. Algumas destas entradas podem ser comuns a diferentes modalidades imagiológicas (como, por exemplo, estradas do tipo Material de Apoio Educativo, Material de Avaliação ou Avaliação Técnica) enquanto outras poderão estar directamente relacionadas com as especificidades das diferentes modalidades imagiológicas. É o caso das entradas do tipo Incidência Radiográfica e Imagem Radiográfica na formação em radiologia convencional (Figura 9).

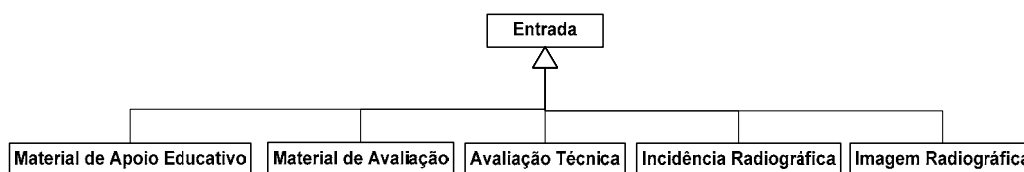


Figura 9 – As entradas do CE

A informação que pode caracterizar cada uma das entradas apresentadas na Figura 9 representa parte da estrutura estática do modelo de informação.

Cada uma das entradas pode ser caracterizada por um conjunto de dados persistentes, transversais a todas as entradas, assim como por dados específicos que melhor caracterizem os conteúdos disponibilizados em cada uma delas. Por outro lado, cada entrada pode ser constituída por colecções e itens em conformidade com a especificidade da informação a ser disponibilizada.

A correcta caracterização e identificação da informação que faz parte das diferentes entradas reveste-se de extrema importância, uma vez que permite, não só a responsabilização dos autores dos conteúdos disponibilizados, mas também a adopção de normas que controlem a reutilização dos recursos educacionais e respectivas questões relacionadas com o direito de autor.

4.4.5 As Colecções e o CE

Conforme já foi mencionado, cada entrada é constituída por colecções e itens que representam a informação essencial ao CE. A Figura 10 procura representar, a título exemplificativo, a constituição de uma entrada do tipo Incidência Radiográfica que poderá fazer parte de um CE relativo à formação em radiologia convencional.

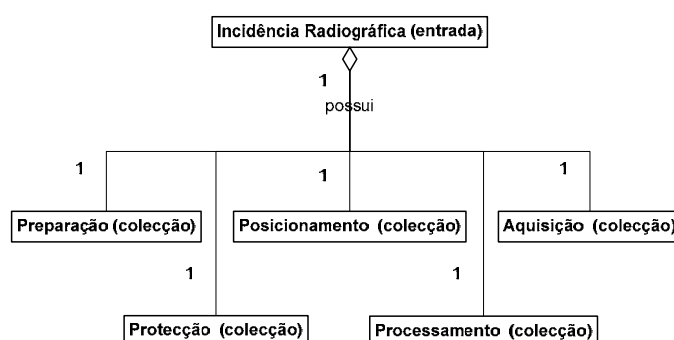


Figura 10 – A entrada Incidência Radiográfica

Da análise da Figura 10 podemos verificar que a entrada Incidência Radiográfica é constituída por colecções como, por exemplo, a colecção Preparação, a colecção Protecção, a colecção Posicionamento, a colecção Processamento e a colecção Aquisição.

4.4.6 As Entradas e os Arquétipos

As colecções e itens que fazem parte de cada entrada, pela sua natureza volátil (uma vez que a sua existência depende da especificidade da informação disponibilizada em cada entrada) podem assumir valores distintos em conformidade com a especificidade da informação a disponibilizar, estando assim os seus valores dependentes do domínio do problema.

Em virtude da constante evolução dos requisitos necessários à formação, associados à enorme diversidade de contextos relacionados com o processo de ensino e aprendizagem, torna-se utópica a pretensão de pensar um modelo de informação estático, e sem possibilidade de evoluir, para apoio à formação. A constatação da impossibilidade de pensar um modelo de informação capaz de armazenar todos os dados relativos à formação, que existem e que possa vir a surgir, levou-nos a pensar

em estruturas de informação que, fazendo parte de um todo (que é o sistema de informação) possam ser adaptadas às diferentes realidades de formação sem alterar a restante estrutura de informação.

Uma forma de organizar e estruturar essa informação é através do recurso a arquétipos. Segundo Beale e Heard [91] os arquétipos, que devem ser parte integrante do modelo de informação, têm como principais características, as de serem modelos de informação neutros relativamente à terminologia do domínio do problema e permitirem a alteração e integração de informação à *posteriori*.

Para além das características mencionadas, e no contexto do presente trabalho, o arquétipo permite organizar a informação que faz parte das entradas, assim como das colecções que as constituem, o que permite que cada entrada possua o arquétipo que melhor se adequa à informação aí disponibilizada. O facto de tornar possível alterar a constituição de uma colecção de dados sem que desse facto resulte a alteração em todo o modelo de informação, é uma mais valia para o registo de informação não programada, ou característica do contexto inerente à formação. A tabela 2 pretende demonstrar um exemplo de um arquétipo com base na colecção Informação Demográfica.

Colecção:	Informação Demográfica	Arquétipo: Informação Demográfica	
		Identificador do Arquétipo: ID	
		Item: Identificador	ID
		Item: Sexo	Feminino
		Item: Idade	55 Anos
		Item: Profissão	Doméstica

Tabela 2 – Exemplo de um arquétipo

4.5 O Construção do CE e a Reutilização de Recursos

O desenvolvimento tecnológico desenvolvido de forma independente pelos diferentes fabricantes originou problemas de compatibilidade entre os diferentes produtos e, por vezes, entre diferentes produtos do mesmo fabricante. Com o intuito de diminuir as taxas de incompatibilidades verificadas no tecido tecnológico, surgiu a adopção de normas. O objectivo da normalização é o de uniformizar as estruturas e protocolos utilizados, nomeadamente no âmbito do ensino assistido por computador, em particular o correcto manuseamento de conteúdos educacionais (*Learning Objects*) e a comunicação entre diferentes sistemas de informação [92]. Estas normas contribuem para a interoperabilidade entre diferentes aplicações como, por exemplo, entre o *Learning Management System* (LMS) e outras aplicações, providenciando orientações para a utilização de uma comunicação padronizada [92]. Ao utilizar procedimentos e normas preestabelecidas como, por exemplo, o *Sharable Content Object Reference Model* (SCORM) os criadores de conteúdos passaram a desenvolver esforços para a

qualidade e adequação dos seus produtos face aos objectivos inerentes à sua utilização.

Mas a construção de módulos de aprendizagem é um processo moroso que envolve muitas vezes a utilização de uma elevada quantidade de recursos humanos e materiais, pelo que a reutilização de diferentes recursos na construção de novos materiais pedagógicos deve ser uma preocupação inerente à construção de sistemas de informação vocacionados para o ensino.

Por exemplo, a construção de um módulo de apoio à aprendizagem no âmbito da utilização de um CE, implica o conhecimento do domínio do problema, ou seja, conhecer o cenário ou contexto de formação. É este contexto de formação que vai determinar, por exemplo, que recursos que devem ser utilizados, quando, como, e qual o público-alvo. Assim, não é suficiente a existência de um elevado número de recursos educacionais se o formador não os conseguir identificar correctamente, ou, se o processo de pesquisa e utilização no âmbito da construção de material formativo for mais moroso que a própria construção desses recursos.

Segundo Koper [3] para a uma reutilização facilitada dos recursos de aprendizagem, estes devem obedecer a determinadas condições, tais como:

- Devem ser relativamente abstractos, quer sob o ponto de vista pedagógico, quer de contexto, quer de suporte. Na construção do CE, o não cumprimento destes pressupostos pode provocar entropia, uma vez que os CE são diferentes entre si.
- Devem ser de reduzidas dimensões (granularidade) para facilitar a sua utilização e agregação a conteúdos pedagógicos de maiores dimensões. Este aspecto reveste-se de especial importância, nomeadamente quando do recurso a meios multimédia (como, por exemplo, imagens radiográficas ou vídeo).
- Devem ter significado por si só, e não devem ser dependentes de outros conteúdos ou recursos educacionais (encapsulamento).

Do que foi mencionado anteriormente, ressalta a necessidade de pensar a informação a ser disponibilizada no CE de forma cuidada, sobretudo, quando de um CE pode fazer parte, por exemplo, uma enorme quantidade de informação associada à inserção de imagens radiográficas de grandes dimensões.

No âmbito da reutilização dos recursos educacionais adjacentes ao CE, a utilização e alteração dos dados que fazem parte de entradas ou colecções (como, por exemplo, dos dados que resultaram da análise da imagem radiográfica inerente ao CE) pode provocar a alteração do contexto associado ao CE, mas sempre de acordo com uma estrutura de informação pré-estabelecida.

Tendo por base a estrutura de informação predefinida, o formador pode, quando da construção de conteúdos educacionais associados ao CE, seleccionar e/ou alterar

dados específicos para a construção de um novo contexto, recorrendo para tal às entradas, colecções e itens que deseje (Figura 11). Durante este processo, o formador pode seleccionar colecções e itens específicos de forma a construir um novo contexto com significado, e que seja útil para os objectivos traçados.

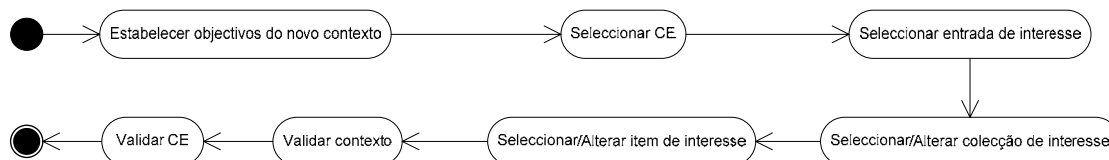


Figura 11 – A reutilização de recursos formativos

Com base nos objectivos de aprendizagem traçados, a simples alteração de um contexto poderá ser suficiente para desenvolver objectivos de aprendizagem diferentes.

4.6 Considerações finais

O conhecimento que vem da prática profissional é uma mais valia para o processo de formação. Procurar criar um modelo de informação que possibilite registar informação pertinente para a formação, e que resulta da actuação profissional, foi o objectivo inicial deste capítulo. Mas, os momentos de aprendizagem com que os formandos e formadores se podem deparar quando do exercício profissional são inúmeros, pelo que houve necessidade de pensar num modelo de informação que fosse, por um lado, suficientemente rígido para não se tornar numa estrutura de informação anárquica e por outro lado, uma estrutura de informação suficientemente maleável e expansível para poder congrega toda a informação previsível e imprevisível que pode resultar da realização dos exames imagiológicos.

Tratando-se de um modelo de informação que pretende ser independente das aplicações utilizadas na sua implementação, importa saber se corresponde às necessidades de informação pertinentes para a formação do técnico de radiologia.

A validação do modelo de informação apresentado será alvo de reflexão no próximo capítulo.

5 O Caso de Estudo na Formação em Radiologia Convencional

5.1 Introdução

À semelhança do preconizado por Chew e colegas [83], a utilização de estudos de caso como recurso de apoio à formação do técnico de radiologia tem por base a informação inerente à realização de um exame imagiológico. Assim, na abordagem aqui preconizada, a construção da estrutura Caso de Estudo (CE) anteriormente definida passará pela análise dos procedimentos e dos resultados associados à realização do exame radiográfico quando do esclarecimento de uma situação clínica.

Qualquer um dos tipos de estudos de caso focados no capítulo anterior (*Decision or dilemma cases, Appraisal cases ou Case histories*) pode, em nossa opinião, ser utilizado recorrendo ao modelo de informação aqui preconizado, mas tendo em conta a especificidade da formação em ambiente digital.

Baseados na revisão bibliográfica realizada no âmbito deste trabalho, verificamos que a maioria dos estudos de caso utilizados na formação em radiologia são do tipo *Case histories*, em que, por vezes, são descritas sumariamente as situações clínicas, as estratégias imagiológicas, as imagens adquiridas e as dúvidas a esclarecer com a realização do exame. Porém, o modelo que aqui se propõe pode ser considerado como um modelo misto, em que o formando é convidado a tomar decisões, fazer análise de situações ou problemas, assim como, com base na descrição de um determinado estudo de caso (ou contexto inerente), construir uma opinião informada relativamente aos procedimentos realizados e respectivos resultados, ou ainda interpretar a realização de eventuais procedimentos alternativos quando se depara com contextos de formação diferentes.

A concepção de um CE pode ser baseada numa descrição textual sob a forma de narrativa. Nesta é fornecida toda a informação pertinente ao estudo de caso, podendo ser, inclusive, disponibilizado um glossário para o esclarecimento de conceitos que possam levantar dúvidas ao formando, assim como as imagens radiográficas relativas ao exame realizado.

5.2 O Formando e a Narrativa de um Estudo de Caso

Conforme mencionado na secção anterior, a apresentação textual da informação adjacente ao exame radiográfico que suporta o CE pode ser feita recorrendo a uma

narrativa. A Tabela 3 apresenta a narrativa “*Estudo radiográfico da articulação do punho traumatizado após queda*” que vai ser utilizada para a construção de um CE relativo à formação em radiologia convencional. Nesta é disponibilizada a informação associada à realização do exame radiográfico, e da qual pode fazer parte a descrição dos objectivos do exame, os procedimentos realizados, o material utilizado, a análise dos resultados e a identificação das pessoas envolvidas.

Narrativa
<p><i>“Estudo radiográfico da articulação do punho traumatizado após queda”.</i></p> <p><i>Paciente do sexo feminino, doméstica, 55 anos de idade, deu entrada no serviço de urgência após queda quando saía do banho.</i></p> <p><i>A paciente deu entrada na sala de exames acompanhada pela filha e apresentava-se ansiosa, pelo que foi mantida conversação para reduzir o stress. Durante a conversação mencionou que um mês antes tinha sofrido uma queda sobre o mesmo punho da qual resultou edema, mas as radiografias “tiradas” na altura não “deram nada”. Apresentava o punho esquerdo envolto numa ligadura de espessura reduzida e mantida no seu lugar com recurso a fita adesiva, edema da articulação do punho com vestígios de sangue, ligeiro desvio radial e dor à mobilização, sendo a sua colaboração limitada quando do posicionamento do punho para a realização do exame radiográfico.</i></p> <p><i>Foi solicitada a realização de estudo radiográfico da articulação do punho esquerdo em duas incidências por suspeita de fractura da cabeça do Rádio.</i></p> <p><i>A preparação da paciente para a realização do exame continuou com a remoção de relógio, tendo a paciente sido acalmada e informada da importância de ficar imóvel durante a aquisição da imagem.</i></p> <p><i>Após calçar luvas, o técnico colocou a paciente junto à extremidade da mesa, sentada em direcção à mesa, e com o membro superior esquerdo sob esta. Flexiu o cotovelo esquerdo a 90 graus e colocou a mão e punho apoiados sobre o chassi. Na incidência Frente PA, a paciente colocou a palma da mão voltada para baixo, de seguida baixou o ombro de forma a que este, o cotovelo, e o punho ficassem no mesmo plano horizontal. Houve a tentativa de colocar o eixo longitudinal da mão alinhado com o eixo longitudinal do antebraço, que por sua vez foi alinhado com a metade do chassi sujeito à radiação X quando da exposição. Houve também a tentativa de colocar o Carpo alinhado com o centro da área sujeita à exposição, o que se revelou de difícil concretização em virtude do paciente estar bastante queixosa. Foi solicitado ao paciente uma ligeira flexão da mão mas tal não foi possível.</i></p> <p><i>Na incidência de Perfil latero-medial, quando da colocação da mão, punho e antebraço numa posição de perfil verdadeiro, o paciente manifestou bastante desconforto, estando bastante queixosa.</i></p> <p><i>Foi colocada protecção plumbínica sobre o colo do paciente, para além de ser utilizada uma colimação rigorosa.</i></p> <p><i>Em qualquer uma das incidências radiográficas a colimação foi feita de forma a abranger o terço distal dos ossos do antebraço, e lateralmente, de forma a abranger a totalidade da articulação do punho.</i></p> <p><i>O exame foi realizado num equipamento Philips Medium 50 CP, com um gerador de alta frequência de 50 Kw, utilizando uma ampola com filtragem adicional de 0.1mm de AL+ 0.1 de Cu, ânodo de tungsténico e não tendo sido utilizada grelha antidifusora, câmaras de exposição ou potter-buky.</i></p> <p><i>Na incidência Frente PA, o raio central foi perpendicular ao chassi direccionado ao ponto que resulta do cruzamento linha média do punho com a linha que une as apófises estilóides do Rádio e do Cúbito.</i></p> <p><i>Os parâmetros técnicos de aquisição e de exposição utilizados na incidência radiográfica do punho de frente PA foram os seguintes: -Dimensão do filme radiográfico: 18/24 cm (dividido ao meio), - Filme: Kodak/100, - Ecrã intensificador: Universal, - Local de exposição: Tampo da mesa Fixo, - DFF: 110, - DOF: standard, - Foco: Fino, - Kvp: 44, - mA: 100, - s: 0,08, e antes de efectuar a exposição, o técnico colocou-se protegido pelo Biombo plumbínico, sendo acompanhado pela filha da paciente.</i></p> <p><i>Na incidência de perfil latero-medial, o raio central foi perpendicular ao chassi direccionado à apófise estilóide do Rádio e os parâmetros técnicos utilizados foram os seguintes: - Dimensão do filme: 18/24 cm (dividido ao meio), - Filme: Kodak/100, - Ecrã intensificador: Universal, - Local de exposição: Tampo da mesa Fixo, - DFF: 110, - DOF: Standard, - Kvp: 48, - mA: 100, - s: .08. O processamento das radiografias foi feito numa máquina de revelação de câmara clara Konica com um ciclo de revelação de 90 segundos e produtos de revelação Ferrania.</i></p> <p><i>Na imagem radiográfica relativa à incidência Frente PA do punho, é visualizada quase a totalidade dos metacarpos, a totalidade dos ossos do carpo, porção distal do rádio e cúbito e articulações associadas, sendo visível fractura no terço distal do Rádio assim como a presença e imagem hiper-densa devida à presença da fita adesiva.</i></p> <p><i>Na imagem radiográfica relativa à incidência Perfil médio-lateral, é visualizada o terço proximal dos metacarpos, a totalidade dos ossos do carpo, porção distal do rádio e cúbito sobrepostos e articulações associadas também sobrepostas, sendo visível fractura no terço distal do Rádio assim como a presença e imagem hiper-densa devida à presença da fita adesiva.</i></p> <p><i>Em nenhuma das imagens o centro da área colimada corresponde ao centro da imagem, não sendo perceptível a existência de rotação do carpo, metacarpo, cúbito e rádio. É perceptível a existência de artefacto devido à presença de fita adesiva. Não é evidente qualquer tipo de identificação.</i></p> <p><i>A incidência Frente PA demonstra uma exposição adequada, com visualização de tecidos moles e trabéculas ósseas.</i></p> <p><i>A incidência Perfil latero-medial está hipo-exposta, com visualização deficiente dos tecidos moles e trabéculas ósseas.</i></p>

Tabela 3 – A Narrativa de um estudo de caso

À semelhança do preconizado por Waterman [93], o processo de aprendizagem com recurso a um estudo de caso pode começar pelo levantamento de conceitos e frases

importantes para o entendimento deste, a partir dos quais o formando se apercebe do contexto em que o estudo de caso decorre e qual a temática abordada. Importa salientar que a realização de qualquer exame imagiológico é feita com base num pedido ou requisição de exame. É com base nos dados que constam da requisição de exames que são delineados os procedimentos radiográficos a serem desencadeados e que estão na base da narrativa.

Quando da análise da narrativa é necessário, segundo a metodologia preconizada por Waterman [93], sublinhar a informação que pode ser importante para o entendimento do estudo de caso. Esta análise da informação pode ser feita parágrafo a parágrafo, identificando dados, conceitos e frases relativas ao estudo de caso e que caracterizam os contextos que lhe estão adjacentes (Tabelas de 4 a 18).

Análise da informação – [Parágrafo 1]
<i>... sexo feminino, doméstica,...55 anos de idade,... serviço de urgência após queda ... quando saía do banho.</i>

Tabela 4 – A narrativa: Análise do parágrafo 1

Da análise da informação disponibilizada no primeiro parágrafo, o formando fica a saber a idade, o sexo e profissão da paciente (que fazem parte dos dados demográficos constantes da requisição de exame), o serviço hospitalar que requisitou a realização do exame (...*serviço de urgência*...), assim como a causa da situação clínica em que a paciente se encontra e que faz parte da informação clínica (...*queda*...). O facto da queda ter ocorrido quando a paciente saía do banho pode ser indicador, por exemplo, do grau de dependência da paciente para a sua actividade quotidiana.

O segundo parágrafo (Tabela 5) contém informação recolhida quando da interacção com a paciente. Estes dados são parte integrante de um conjunto de informação que, não fazendo parte da requisição de exame, pode ser importante quando da análise das imagens radiográficas, quer relativamente a situações clínicas anteriores (neste caso informação relativa a uma outra queda da qual, e segundo a paciente, não resultou nenhuma fractura), quer relativamente à situação clínica em estudo. No segundo parágrafo é também disponibilizada informação relativamente à postura do técnico perante o estado de ansiedade da paciente (... *A paciente apresentava-se ansiosa, pelo que foi mantida conversação para reduzir o stress* ...). De seguida são identificadas as estruturas anatómicas em estudo, assim como alguns sinais (...*paciente apresentava-se ansiosa ... punho envolto numa ligadura de espessura reduzida e mantida no seu lugar com recurso a fita adesiva, edema da articulação do punho com vestígios de sangue, ligeiro desvio radial*...) e sintomas clínicos (...*dor à mobilização*...) que a paciente apresenta e que nem sempre faz parte da informação clínica registada. A colaboração limitada por parte da paciente pode ser identificada

como sendo resultante do quadro clínico em que esta se encontra, o que pode implicar a adopção de cuidados especiais, nomeadamente quando do posicionamento da estrutura em estudo (...punho...) para a realização do exame radiográfico.

O facto de ser mencionado que a paciente estava acompanhada pela filha leva à adopção de medidas de protecção radiológica relativamente à acompanhante.

Análise da informação – [Parágrafo 2]

A paciente deu entrada na sala de exames acompanhada pela filha e apresentava-se ansiosa, pelo que foi mantida conversação para reduzir o nível de stress, apresentava o punho esquerdo envolto numa ligadura de espessura reduzida e mantida no seu lugar com recurso a fita adesiva, edema da articulação do punho com vestígios de sangue, ligeiro desvio radial e dor à mobilização, sendo a sua colaboração limitada quando do posicionamento do punho para a realização do exame radiográfico

Tabela 5 – A narrativa: Análise do parágrafo

O terceiro parágrafo (Tabela 6) fornece informação relativa ao estudo radiográfico, que no presente caso é constituído por duas incidências radiográficas, assim como a estrutura a estudar. Neste parágrafo é mencionada também a dúvida a esclarecer com a realização das incidências radiográficas (...suspeita de fractura...).

Análise da informação – [Parágrafo 3]

Foi solicitada a realização de estudo radiográfico da articulação do punho esquerdo em duas incidências por suspeita de fractura da cabeça do Rádio

Tabela 6 – A narrativa: Análise do parágrafo 3

No parágrafo 4 (Tabela 7) há referência à preparação da paciente para a realização do exame, nomeadamente a remoção de objectos e a comunicação estabelecida. Este é um aspecto importante a ter em conta e que pode influenciar a realização do exame, assim como, contribuir para um melhor conhecimento da paciente, fornecendo por vezes informação pertinente para o esclarecimento da situação clínica.

Análise da informação – [Parágrafo 4]

A preparação da paciente para a realização do exame continuou com a remoção de relógio, tendo a paciente sido acalmada e informada da importância de ficar imóvel durante a aquisição da imagem

Tabela 7 – A narrativa: Análise do parágrafo 4

O parágrafo 5 (Tabela 8) fornece informação relativa à protecção contra infecções por parte do técnico assim como, informação relativa ao posicionamento do paciente e posicionamento da estrutura a ser estudada, havendo menção aos sintomas e limitações manifestadas pela paciente durante os procedimentos radiográficos quando da realização da incidência Frente Postero-Anterior (PA).

Análise da informação – [Parágrafo 5]

Após calçar luvas, o técnico colocou a paciente junto à extremidade da mesa, sentada em direcção à mesa, e com o membro superior esquerdo sob esta. Flectiu o cotovelo esquerdo a 90 graus e colocou a mão e punho apoiados sobre o chassi. Na incidência Frente PA, a paciente colocou a palma da mão voltada para baixo, de seguida baixou o ombro de forma a que este, o cotovelo, e o punho ficassem no mesmo plano horizontal. Houve a tentativa de colocar o eixo longitudinal da mão alinhado com o eixo longitudinal do antebraço, que por sua vez foi alinhado com a metade do chassi sujeito à radiação X quando da exposição. Houve também a tentativa de colocar o Carpo alinhado com o centro da área sujeita à exposição, o que se revelou de difícil concretização em virtude da paciente estar bastante queixosa. Foi solicitado ao paciente uma ligeira flexão da mão mas tal não foi possível.

Tabela 8 – A narrativa: Análise do parágrafo 5

Análise da informação – [Parágrafo 6]

Na incidência de Perfil latero-medial, quando da colocação da mão, punho e antebraço numa posição de perfil verdadeiro, o paciente manifestou bastante desconforto, estando bastante queixoso

Tabela 9 – A narrativa: Análise do parágrafo 6

O parágrafo 6 (Tabela 9) fornece informação relativa ao posicionamento da estrutura para a incidência Perfil Latero-Medial (LM), sendo também disponibilizada informação relativa aos sintomas manifestados pela paciente. O parágrafo 7 (Tabela 10) fornece informação relativa às medidas de protecção radiológica utilizada e às estruturas anatómicas abrangidas por essa protecção, assim como referencia o recurso à colimação do feixe de radiação X como medida de protecção radiológica.

Análise da informação – [Parágrafo 7]

Foi colocada protecção plumbínica sobre o colo do paciente, para além de ser utilizada uma colimação rigorosa.

Tabela 10 – A narrativa: Análise do parágrafo 7

A colimação do feixe de radiação X foi feita de forma a que somente a zona de interesse fosse sujeita à radiação (o terço distal dos ossos do antebraço e a totalidade da articulação do punho). Esta informação surge no parágrafo 8 (Tabela 11).

Análise da informação – [Parágrafo 8]

colimação foi feita de forma a abranger o terço distal... ossos do antebraço,... lateralmente, de forma a abranger a totalidade da articulação do punho.

Tabela 11 – A narrativa: Análise do parágrafo 8

A informação relativa ao equipamento utilizado surge no parágrafo 9 (Tabela 12), onde para além da informação relativa ao gerador de alta tensão, caracteriza-se a ampola de radiação X, nomeadamente no que diz respeito à filtragem adicional e à constituição do ânodo. É também mencionada a não utilização de grelha antidifusora nem *potter-bucky*, não sendo também mencionada a utilização de câmaras de exposição automáticas.

Análise da informação – [Parágrafo 9]

O exame foi realizado num equipamento Philips Medium 50 CP, com um gerador de alta frequência de 50 Kw, utilizando uma ampola com filtragem adicional de 0.1mm de AL+ 0.1 de Cu, ânodo de tungsténico e não tendo sido utilizada grelha antidifusora, câmaras de exposição ou potter-buky.

Tabela 12 – A narrativa: Análise do parágrafo 9

A tabela 13 contém o parágrafo 10. Neste parágrafo é caracterizado o raio central, assim como o local de centragem.

Análise da informação – [Parágrafo 10]

Na incidência Frente PA, o raio central foi perpendicular ao chassi direccionado ao ponto que resulta do cruzamento linha média do punho com a linha que une as apófises estilóides do Rádio e do Cúbito.

Tabela 13 – A narrativa: Análise do parágrafo 10

A tabela 14 contém informação que podemos extrair do parágrafo 11. Neste parágrafo é fornecida informação relativa à incidência realizada e às características do raio central do feixe de radiação X que emerge da ampola. Para além destes dados é fornecida informação relativa aos factores técnicos de aquisição (dimensão do filme, tipo de filme, tipo de ecrã intensificador, local de exposição, distância foco-filme, distância objecto-filme e foco) e factores técnicos de exposição (tensão, intensidade da corrente e tempo de exposição). Para além destes dados, é também mencionada a protecção radiológica do técnico de radiologia e da acompanhante da paciente.

Análise da informação – [Parágrafo 11]

... Os parâmetros técnicos de aquisição e de exposição utilizados na incidência radiográfica do punho Frente PA foram os seguintes: - Dimensão do filme radiográfico: 18/24 cm (dividido ao meio), - Filme: Kodak/I00, - Ecrã intensificador: Universal, - Local de exposição: Tampo da mesa Fixo, - DFF: 110, - DOF: standard, - Foco: Fino, - Kvp: 44, - mA: 100, - s: .08, e, antes de efectuar a exposição, o técnico colocou-se protegido pelo Biombo plumbínico, sendo acompanhado pela filha da paciente.

Tabela 14 – A narrativa: Análise do parágrafo 11

A informação disponibilizada no parágrafo 12 (Tabela 15) é semelhante à disponibilizada no parágrafo 11, sendo perceptível as alterações no ponto de centragem do raio central na incidência de Perfil LM e na tensão utilizada. Este parágrafo disponibiliza ainda informação relativa ao processamento da imagem, nomeadamente, informação relativa á máquina de revelar e produtos de revelação.

Análise da informação – [Parágrafo 12]

Na incidência Perfil latero-medial, o raio central foi perpendicular ao chassi direccionado à apófise estilóide do Rádio e os parâmetros técnicos utilizados foram os seguintes: - Dimensão do filme: 18/24 cm (dividido ao meio), - Filme: Kodak/I00, - Ecrã intensificador: Universal, - Local de exposição: Tampo da mesa Fixo, - DFF: 110, - DOF: standard, - Kvp: 48, - mA: 100, - s: 0.08. O processamento ... máquina de revelação de câmara clara Konica com um ciclo de revelação de 90 segundos e produtos de revelação Ferrania.

Tabela 15 – A narrativa: Análise do parágrafo 12

O parágrafo 13 e 14 (Tabelas 16 e 17) fornecem informação que caracteriza a imagem radiográfica relativa à incidência Frente PA e Perfil LM da articulação do punho respectivamente. São descritas estruturas anatómicas normais e patológicas (fractura), assim como a presença de uma imagem anatómica (artefacto) provocado pela presença de fita adesiva.

Análise da informação – [Parágrafo 13]

Na imagem radiográfica relativa à incidência Frente PA do punho, é visualizado a quase totalidade dos metacarpos, a totalidade dos ossos do carpo, porção distal do rádio e cúbito e articulações associadas, sendo visível fractura no terço distal do Rádio, assim como a presença e imagem hiper-densa devida à presença da fita adesiva

Tabela 16 – A narrativa: Análise do parágrafo 13

Análise da informação – [Parágrafo 14]

Na imagem radiográfica relativa à incidência Perfil Médio-Lateral, é visualizado o terço proximal dos metacarpos, a totalidade dos ossos do carpo, porção distal do rádio e cúbito sobrepostos e articulações associadas também sobrepostas, sendo visível fractura no terço distal do Rádio assim como a presença e imagem hiper-densa devida à presença da fita adesiva.

Tabela 17 – A narrativa: Análise do parágrafo 14

No parágrafo 15 (Tabela 18) encontra-se informação relativa à avaliação das condições de realização técnica das incidências radiográficas e respectivas imagens, nomeadamente no que diz respeito ao ponto de centragem, área colimada, posicionamento da estrutura e paciente, presença de artefacto, e identificação do paciente e lado a que estrutura em estudo pertence.

Análise da informação – [Parágrafo 15]

Em nenhuma das imagens o centro da área colimada corresponde ao centro da imagem, não sendo perceptível a existência de rotação do carpo, metacarpo, cúbito e rádio. É perceptível a existência de artefacto devido à presença de fita adesiva. Não é evidente qualquer tipo de identificação

Tabela 18 – A narrativa: Análise do parágrafo 15

Os parágrafos 16 e 17 (Tabela 18 e 19) caracterizam as condições de exposição à radiação X e a forma como essas condições influenciam a visualização das estruturas anatómicas.

Análise da informação – [Parágrafo 16]

A incidência de frente PA demonstra uma exposição adequada, com visualização de tecidos moles e trabéculas ósseas.

Tabela 19 – A narrativa: Análise do parágrafo 16

Análise da informação – [Parágrafo 17]

A incidência de perfil latero-medial está hipo-exposta, com visualização deficiente dos tecidos moles e trabéculas ósseas

Tabela 20 – A narrativa: Análise do parágrafo 17

Conforme o mencionado anteriormente, cada estudo de caso tem sempre associadas uma ou mais imagens radiográficas. A percepção das estruturas anatómicas que fazem parte da imagem radiográfica está adjacente ao reconhecimento dos seus

padrões radiográficos. Assim, é com base no conhecimento da anatomia radiográfica normal adjacente a cada incidência radiográfica, que se pode identificar alterações à normalidade, nomeadamente a existência de fracturas ou outro tipo de alterações morfológicas.

Para a disponibilização das imagens radiográficas no âmbito da construção e utilização do CE é necessário que estas sejam digitalizadas para que possam posteriormente ser armazenadas de acordo com a sua finalidade. Assim, se, por exemplo, as imagens para a caracterização de uma incidência ou posicionamento do paciente podem ser armazenadas em formatos que permitem perdas de informação como, por exemplo, o formato desenvolvido pelo *Joint Photographic Experts Group* (JPEG), as imagens para a caracterização e avaliação da execução técnica, ou para a detecção de uma patologia já carecem de boa resolução de contraste e boa resolução espacial. Para tal, o seu armazenamento deverá ser feito recorrendo a formatos que não recorram à compressão da imagem com perda irreversível de informação como, por exemplo, o formato *Tagged Image File Format* (TIF) [19]. Este formato também pode ser utilizado quando se pretende manusear factores como o contraste e luminosidade de forma dinâmica, ou mesmo a caracterizar em tempo real os achados radiográficos quando da sua utilização em formato *Digital Imaging and Communication in Medicine* (DICOM). Desta forma é possível a utilização da imagem com recurso a um *Dicom Viewer*, promovendo uma maior interactividade entre o utilizador e a imagem radiográfica.

A Figura 12 representa a radiografia com as imagens radiográficas relativas à narrativa mencionada anteriormente, digitalizada tendo por base os trabalhos de Corl e colegas [94] e de Bassignani e colegas [95, 96]. Assim, a radiografia foi digitalizada com uma resolução de 297 ppp, profundidade de 8 *bits* de níveis de cinzento, e armazenada em formato TIF com uma dimensão de 2813x2042 *pixels* e tamanho de 5,74 MB.

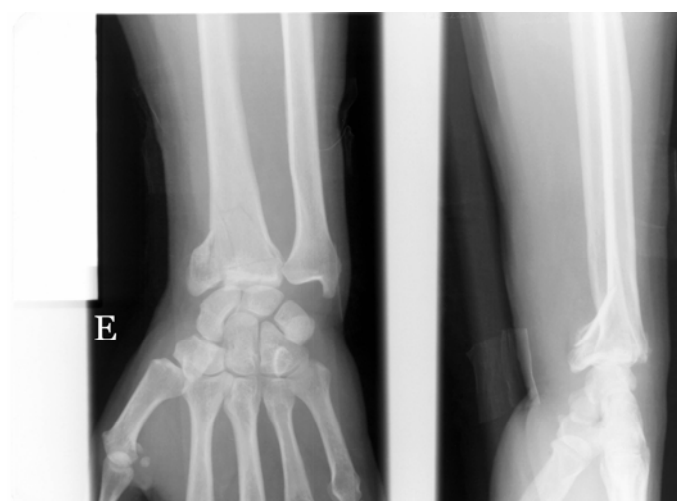


Figura 12 – Estudo radiográfico do punho em dois planos

Cada narrativa disponibiliza um conjunto de informação que deve ser entendida pelo formando. Só desta forma é possível alcançar os objectivos que estiveram na base da construção do CE. Assim, o glossário disponibiliza informação relativa a conceitos que o formando possa não estar familiarizado ou que possam originar dúvidas (Tabela 21).

Glossário: *Edema, Desvio radial, Exame radiográfico, Articulação, Incidências, Fractura, Antebraço, Chassi, Carpo, Flexão, Ampola, Filtragem adicional, Grelha antidifusora, Poterbuky, Incidência Frente PA, Raio central, Filme radiográfico, Ecrã intensificador, Tampo, DFF, DOF, Kvp, mAs, s, Metacarpos, Rádio, Cúbito, artefacto, Trabéculas ósseas, Incidência Latero-Medial, Hipo-exposta.*

Tabela 21 – O Glossário da narrativa

Tendo por referência os objectivos adjacentes à utilização da narrativa do estudo de caso na formação em radiologia convencional, assim como com base nos conceitos pertinentes identificados quando da sua análise, resultou um conjunto de informação a modelar que será objecto de análise nas próximas secções. Para esta modelação contribui também a informação recolhida junto de docentes e supervisores de ensino clínico.

Na modelação da informação constante do presente capítulo, usou-se como referência semântica a *Unified Modeling Language* (UML) [79] e a linguagem utilizada em ambiente profissional e académico.

Assim, pretende-se nas próximas secções utilizar o modelo de informação associado ao CE, e descrito no capítulo anterior, recorrendo aos conceitos de entrada, colecção e item, de forma a tornar evidente a possibilidade de adaptação do modelo de informação a diferentes contextos de formação no âmbito da radiologia convencional.

5.3 A Narrativa e os Objectivos do CE

Cada estudo de caso tem associados um conjunto de objectivos adjacentes à sua utilização. Tomemos por exemplo a narrativa apresentada, cujos objectivos podem ser, entre outros, que o aluno saiba:

- Avaliar e interpretar as necessidades do paciente, de forma a entender eventual alteração dos procedimentos inerentes à realização do exame radiográfico da articulação do punho, nomeadamente numa situação de traumatismo.
- Justificar a adaptação do exame radiográfico do punho às necessidades do paciente e ao resultado que se pretende obter.
- Entender a preparação do paciente, tanto a nível físico como psicológico, para a realização do exame radiográfico.
- Interpretar o posicionamento do paciente e estrutura anatómica para a realização do exame radiográfico do punho traumatizado de forma correcta e segura.

- Interpretar as imagens resultantes das incidências radiográficas.

Para além de objectivos gerais, podem ser estabelecidos objectivos específicos como, por exemplo, que o formando saiba:

- Avaliar a informação relativa ao paciente para justificar os procedimentos radiográficos no decorrer do exame radiográfico ao punho.
- Identificar dados pertinentes para a realização do exame radiográfico resultantes da interacção com o paciente.
- Identificar os processos patológicos e os parâmetros fisiológicos associados ao quadro clínico, e entender a adopção de posturas no sentido de evitar que a situação do paciente seja exacerbada pelos procedimentos radiográficos.
- Planear e executar o exame radiográfico ao punho tendo em conta as necessidades do paciente e o contexto clínico adjacente ao exame.
- Adoptar medidas de protecção contra radiações relativamente ao paciente, acompanhantes e a profissionais de saúde que possam acompanhar o paciente.
- Identificar os exames radiográficos mais apropriados ao esclarecimento da situação clínica.
- Reconhecer e saber responder às necessidades físicas, psicológicas e sociais do paciente, evidenciadas no decurso do exame radiográfico.
- Seleccionar o equipamento de radiologia, as técnicas e os parâmetros de exposição que permitam minimizar a dose de radiação e otimizar os resultados.
- Identificar e compreender a utilização dos equipamentos no decurso no exame radiográfico do punho de forma a adquirir imagens com qualidade diagnóstica.
- Mobilizar conhecimentos para a fundamentação dos procedimentos realizados,
- Evidenciar conhecimentos sobre a anatomia normal, incluindo o seu desenvolvimento e modificação ao longo da vida, situações patológicas assim como variações que podem ocorrer na população, e, desta forma, entender a tomada de decisões apropriadas.
- Avaliar as imagens radiográficas relativamente às dúvidas a esclarecer com a realização do exame.
- Procurar as soluções mais apropriadas para o esclarecimento de eventuais dúvidas que possam surgir da realização do exame radiográfico do punho.
- Interpretar a informação e os dados disponibilizados de forma assertiva, de forma a entender a realização de exames complementares para o esclarecimento da situação clínica.

Relativamente aos objectivos mencionados anteriormente, podemos definir duas colecções:

- Objectivo Específico. Esta colecção pode ser caracterizada pelos itens Nome, Identificador, Descrição, Área Científica e Identificador de Área Científica.

- **Objectivo Geral.** Esta colecção pode ser caracterizada pelos itens Nome, Identificador, Descrição e Dimensão de Competência Associada (DCA) que pode assumir valores como, por exemplo, cognitiva, atitudinal, técnica ou comunicacional.

As colecções Objectivo Específico e Objectivo Geral, que são especializações da colecção Objectivo, podem fazer parte de uma entrada Material de Apoio Educativo. Esta entrada, pode possuir como item específico a Data de Revisão. A Tabela 22 e a Figura 13 pretende demonstrar, respectivamente, um exemplo de colecções associadas aos objectivos do CE e uma estrutura de informação adjacente à entrada Material de Apoio Educativo, da qual ainda podem fazer parte outras colecções como, por exemplo, as colecções Requisito de Conhecimento Prévio e Recurso de Aprendizagem.

Colecção: Objectivo Geral	
<i>Item: Identificador</i>	ID
<i>Item: Nome</i>	Interpretar o posicionamento do paciente e estrutura
<i>Item: Descrição</i>	Interpretar o posicionamento do paciente e estrutura anatómica para a realização do exame radiográfico do punho traumatizado de forma correcta e segura.
<i>Item: Identificador de Área científica</i>	ID
<i>Item: Área científica</i>	Técnica radiográfica

Colecção: Objectivo específico	
<i>Item: Identificador</i>	ID
<i>Item: Nome</i>	Planeamento do exame radiográfico
<i>Item: Descrição</i>	Planear o exame radiográfico ao punho tendo em conta as necessidades do paciente e o contexto clínico adjacente ao exame.
<i>Item: Identificador de D.C.A.</i>	ID
<i>Item: D.C.A.</i>	Cognitiva

Tabela 22 – Exemplo de colecções que caracterizam os objectivos do CE.

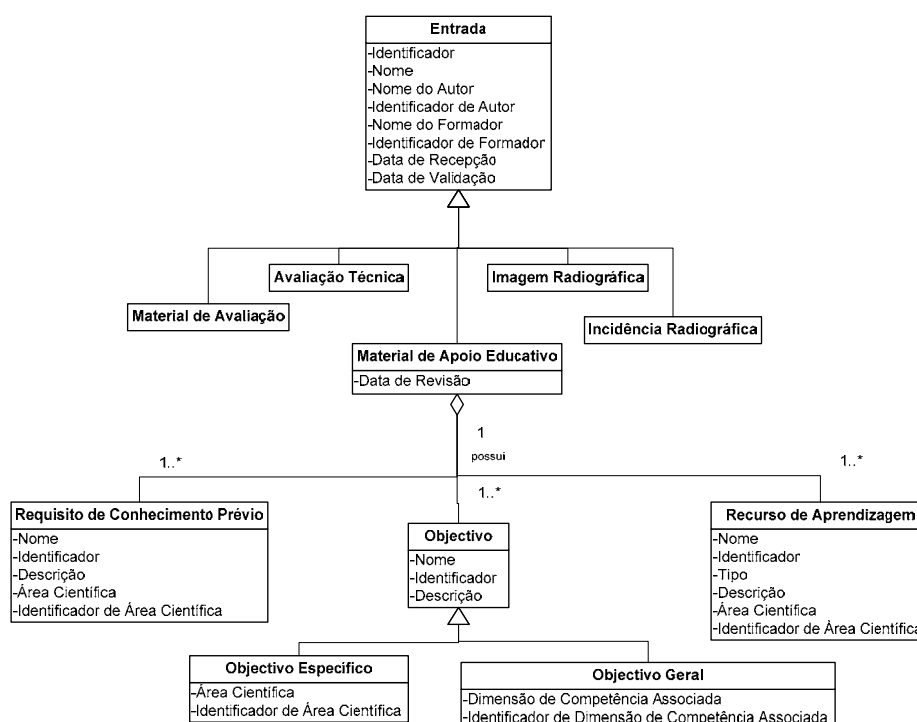


Figura 13 – A entrada Material de Apoio Educativo

A colecção Requisito de Conhecimento Prévio representa informação relativa aos conhecimentos que o utilizador deve possuir para uma melhor utilização do CE, e pode ser caracterizada, por exemplo, pelos itens Nome, Identificador, Descrição, Área Científica (como, por exemplo, Física ou Anatomia) e Identificador de Área Científica.

A colecção Recurso de Aprendizagem caracteriza recursos educativos como, por exemplo, livros electrónicos, sítios de interesse, aulas e artigos científicos. Estes recursos podem ser caracterizados por um conjunto de itens de acordo com as suas características. Estes itens poderão ser o Nome, Identificador, Tipo (como, por exemplo, sitio *web* ou livro electrónico), Descrição, Área Científica e Identificador de Área Científica.

5.4 O Exame Realizado e a Modelação da Informação

Adjacente à narrativa que faz parte de cada CE está sempre a realização de um procedimento que, no presente trabalho, é a realização de um exame radiográfico. Relativamente à informação associada ao exame radiográfico (de que faz parte a realização de duas incidências radiográficas) e que resultou da análise da narrativa apresentada, assim como da informação recolhida junto de docentes e supervisores de ensino clínico, esta foi dividida em três grupos que podem ser caracterizados por entradas do tipo:

- Avaliação Técnica.
- Incidência Radiográfica.
- Imagem Radiográfica.

Cada um dos tipos de entradas mencionados corresponde a uma das entradas que podem constituir o CE e que foram caracterizadas no capítulo anterior (Figura 14), e, conforme mencionado anteriormente, podem ser caracterizadas por um conjunto de dados comuns assim como por dados específicos.

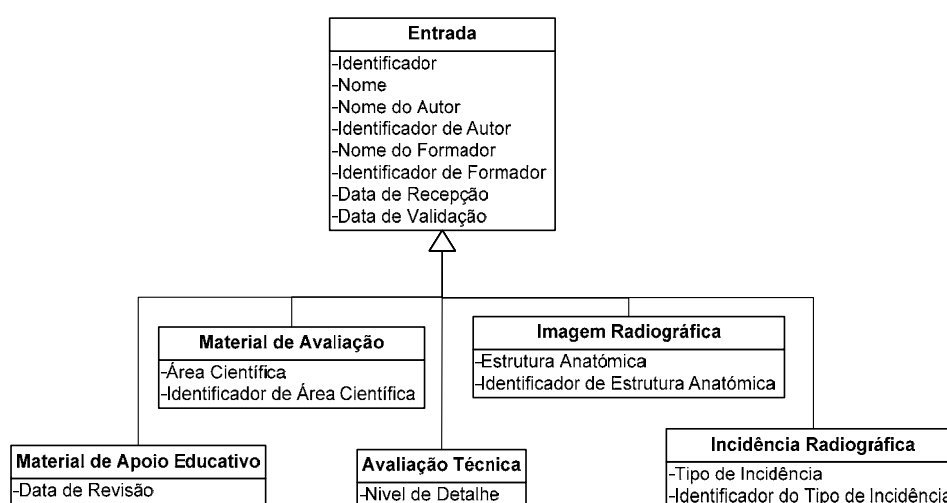


Figura 14 – As entradas do CE em radiologia convencional

5.4.1 A Avaliação Técnica

A entrada Avaliação Técnica, para além da sua caracterização, de que também faz parte o Nível de Detalhe (que caracteriza o grau de detalhe da informação relativa á avaliação técnica quando da realização do exame radiográfico) é constituída por colecções que representam a informação resultante da avaliação técnica do paciente, assim como dos dados que constam do pedido de exame, segundo uma determinada estrutura. A Figura 15 pretende representar um possível exemplo de uma estrutura de informação genérica relativa à entrada Avaliação Técnica.

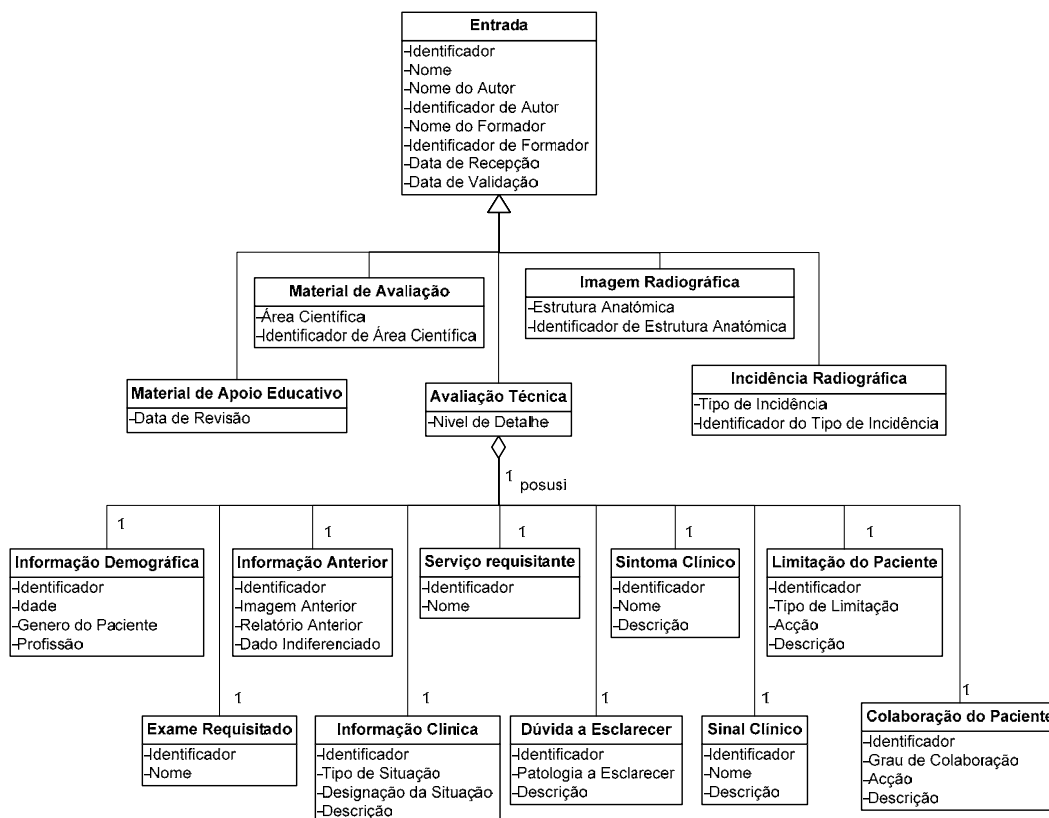


Figura 15 – A estrutura de informação da entrada Avaliação Técnica

Da entrada Avaliação Técnica podem fazer parte, por exemplo, as colecções:

- Informação Demográfica. Colecção que pode ser caracterizada, por exemplo, pelos itens Identificador, Idade, Profissão e Género do Paciente.
- Informação Anterior. Colecção que pode ser caracterizada, por exemplo, pelos itens Identificador, Exame Anterior, Relatório Anterior e Dado Indiferenciado. Este último caracteriza dados pouco habituais, ou que não estando directamente relacionados com a situação clínica, possam ser importantes para o processo de aprendizagem.
- Exame Requisitado. Colecção caracterizada pelos itens Identificador e Nome.
- Serviço Requisitante. Colecção caracterizada pelos itens Identificador e Nome.

- Informação Clínica. Colecção caracterizada pelos itens Identificador, Designação da Situação, Tipo Situação (como, por exemplo, Patologia Traumática, Tumoral, Degenerativa ou controlo pós-operatório) e Descrição.
- Dúvida a Esclarecer. Colecção que pode ser caracterizada, por exemplo, pelos itens Identificador, Patologia a Esclarecer (como, por exemplo, o Nome ou Tipo de patologia) e Descrição da dúvida a ser esclarecida.
- Sinal Clínico. Colecção caracterizada pelos itens Identificador, Nome e Descrição do sinal clínico observado.
- Sintoma Clínico. Colecção caracterizada pelos itens Identificador, Nome e Descrição do sintoma clínico descrito pelo paciente (por exemplo, dor, desconforto ou fadiga).
- Colaboração do Paciente. Colecção que pode ser caracterizada, por exemplo, pelos itens Identificador, Grau de Colaboração (por exemplo, Não Colaborante, Pouco Colaborante ou Colaborante), Acção (acção em que é evidente o grau de colaboração) e a Descrição da acção em que foi analisada a colaboração.
- Limitação do Paciente. Colecção que pode ser caracterizada, por exemplo, pelos itens Identificador, Tipo de Limitação, Acção (acção em que é evidente o tipo de limitação) e o item Descrição da acção em que foi analisada a limitação.

As colecções mencionadas anteriormente reflectem uma forma de segmentar a informação que faz parte da narrativa e podem ter diferentes níveis de granularidade. Assim, cada uma das colecções pode dar origem a outras colecções que caracterizam a informação com um maior detalhe.

5.4.2 A Incidência Radiográfica

Associado a cada exame radiográfico podem existir uma ou mais incidências radiográficas. A informação relativa a cada incidência radiográfica é disponibilizada na respectiva entrada do tipo Incidência Radiográfica, pelo que cada CE pode ter uma ou mais entradas deste tipo.

A informação que faz parte de uma entrada do tipo Incidência Radiográfica caracteriza os diferentes factores com interferência na realização da incidência (Figura 16). Para além dos dados comuns a todas as entradas, a entrada Incidência Radiográfica também pode ser caracterizada por um campo Tipo de Incidência (que pode assumir valores como Alternativa, Complementar ou Obrigatória) e por um identificador do Tipo de Incidência.

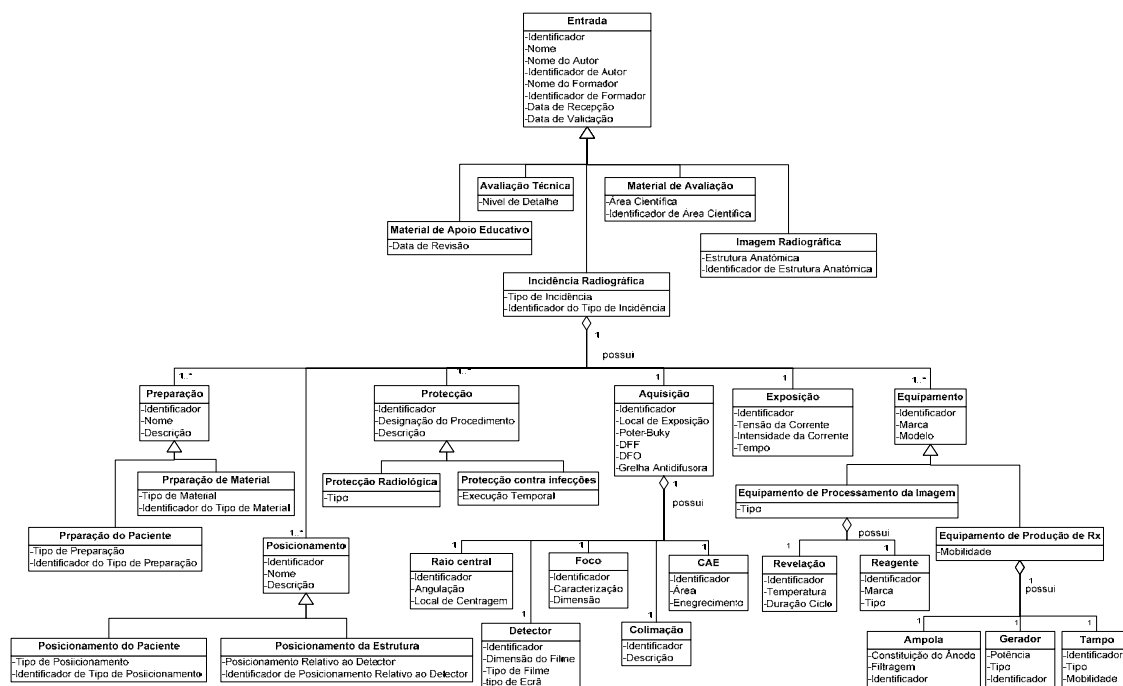


Figura 16 – A estrutura de informação da entrada Incidência Radiográfica

As colecções que fazem parte de uma entrada do tipo Incidência Radiográfica podem ser caracterizadas, por exemplo, por um item Identificador e por itens específicos. As colecções que podem fazer parte da entrada Incidência Radiográfica que serve de exemplo no presente trabalho poderão ser:

- Colecções relativas a diferentes preparações para a realização do exame radiográfico. Podem existir diferentes colecções relacionadas com a preparação para a realização do exame como, por exemplo, a colecção Preparação do Paciente ou a colecção Preparação de Material que resultam da especialização da colecção Preparação. Cada uma destas colecções pode ser caracterizada por um Identificador, por um Nome, uma Descrição e por itens específicos como o item Tipo de material e Identificador do Tipo de Material no caso da colecção Preparação de Material, e, no caso da colecção Preparação do Paciente pelo item Tipo de Preparação (que pode assumir valores como preparação psicológica, ou preparação de vestuário) e pelo item Identificador do Tipo de Preparação.
- Colecções relativas a posicionamentos. No âmbito da narrativa apresentada, a informação relativa ao posicionamento do paciente e da estrutura em estudo pode ser caracterizada com recurso a duas colecções que resultam da especialização da colecção Posicionamento; a colecção Posicionamento do Paciente e a colecção Posicionamento da Estrutura. Cada uma destas colecções pode ser caracterizada por um Identificador, por um Nome e por uma Descrição. Como itens específicos, a colecção Posicionamento do Paciente é ainda caracterizada pelo item Tipo de Posicionamento (que pode assumir valores como, por exemplo, sentado ou

supinação vertical) e pelo item Identificador do Tipo de Posicionamento. A colecção Posicionamento da Estrutura pode ser ainda caracterizada pelo item Posicionamento Relativo ao Detector (que pode assumir valores como, por exemplo, paralelo ao eixo longitudinal ou paralelo ao eixo transversal) e pelo item Identificador do Posicionamento Relativo ao Detector.

- Colecções relativas a medidas de protecção inerentes à realização do exame radiográfico. Com base na informação retirada da narrativa podem existir colecções relativas à Protecção Contra Infecções e à Protecção Radiológica (que resultam da especialização da colecção Protecção). Qualquer uma destas colecções pode ser caracterizada por um Identificador, uma Descrição e uma Designação do Procedimento. A colecção Protecção Contra Infecções pode ainda ser caracterizada pelo item Execução Temporal (que pode assumir valores como, pré-exame, durante exame e pós-exame). Por outro lado, a colecção Protecção Radiológica pode ainda ser caracterizada pelo item Tipo (que pode assumir valores como, por exemplo, protecção de contacto ou colimação)
- Colecções relativas aos equipamentos utilizados na realização do exame radiográfico. A informação relativa ao equipamento utilizado na realização do exame pode ser dividida nas colecções Equipamento de Processamento da Imagem (que pode ser caracterizada por um item Identificador, Marca, Modelo e Tipo) e pode agregar as colecções Revelação (que pode ser caracterizada pelos itens Identificador, Temperatura, e Duração de Ciclo) e pela colecção Reagente (que pode ser caracterizada pelos itens Marca de Reagente, Tipo e Identificador) e caracteriza os produtos de revelação. Relativamente à produção de radiação X, o equipamento pode ser caracterizado pela colecção Equipamento de Produção de Rx (que pode ser caracterizada por um item Identificador, Marca, Modelo e Mobilidade). Esta colecção pode agregar a colecção Ampola (que pode ser caracterizada pelos itens Constituição do Ânodo, Filtragem e Identificador), a colecção Gerador (que pode ser caracterizada pelos itens Potência, Tipo e Identificador) e pela colecção Tampo (que pode ser caracterizada pelos itens Identificador, Tipo e Mobilidade). Quer a colecção Equipamento de Processamento da Imagem, quer a colecção Equipamento de Produção de raios X, resultam da especialização da colecção Equipamento.

Relativamente à colecção Aquisição, esta pode ser caracterizada pelos itens Identificador, Local de Exposição (que, por exemplo, pode assumir valores como tampo da mesa, maca ou cama), *Poter-Buky* (que pode assumir os valores com ou sem), Distância Foco-Filme (DFF), Distância Objecto-Filme (DOF), Grelha Antidifusora (que pode assumir os valores com ou sem). Para além destes itens, da colecção Aquisição ainda podem fazer parte outras colecções como, por exemplo:

- Colecção Colimação. Esta colecção pode ser caracterizada pelos itens Identificador e Descrição.
- Colecção Foco. Esta colecção pode ser caracterizada pelos itens Identificador, Caracterização (que pode assumir os valores Fino, Médio, Grosso) e Dimensão.
- Colecção Raio Central. Esta colecção pode ser caracterizada pelos itens Identificador, Angulação e Local de Centragem.
- Colecção Detector. No caso da radiologia convencional esta colecção pode ser caracterizada pelos itens Identificador, Dimensão de Filme, Tipo de Filme e Tipo de Ecrã Intensificador.
- Colecção Câmara de Exposição Automática (CEA). Esta colecção pode ser caracterizada pelos itens Identificador, Área (que pode assumir valores como central ou lateral) e Enegrecimento (que pode assumir, por exemplo, valores de -5 a +5). Relativamente à colecção Exposição, esta pode ser caracterizada por um item Identificador e pelos itens Tensão de Corrente, Intensidade de Corrente e Tempo (tempo de exposição).

5.4.3 A Imagem Radiográfica

Cada exame radiográfico tem associada uma ou mais imagens radiográficas, conforme ilustrado na Figura 12 onde são apresentadas duas imagens radiográficas relativas ao estudo radiográfico do punho em dois planos. Assim, e com base na informação retirada da narrativa, foram identificados vários dados que caracterizam os padrões morfológicos associados aos achados imagiológicos (padrões radiográficos perceptíveis) que constituem a imagem radiográfica. Da análise da narrativa resultou um conjunto de informação que pode ser caracterizada com o recurso a diferentes colecções, pelo que no contexto deste trabalho, e como exemplo, as colecções tiveram como referência a caracterização da imagem em conformidade com um padrão radiográfico pré-existente, convencionado como "normal" e preconizado por Bontrager [9] e por Ballinger e Frank [15]. Com base na informação retirada da narrativa podemos considerar duas entradas do tipo Imagem Radiográfica que, para além de serem caracterizadas por um conjunto de dados comuns a todas as entradas, possuem como atributos específicos a designação da Estrutura Anatómica e o Identificador da Estrutura Anatómica.

A caracterização da imagem radiográfica pode ser considerada como um juízo de valor, mais o menos subjectivo, da informação que se pode retirar da observação da imagem radiográfica tendo por referência um determinado padrão radiográfico. Por outro lado, a caracterização da imagem radiográfica está também dependente de características intrínsecas à própria imagem como, por exemplo, o seu Formato, Dimensão, Profundidade, Resolução Espacial e Tamanho. Estes dados caracterizam a

imagem que faz parte do exame radiográfico e pode ainda ser caracterizada por um Nome e Identificador.

Da entrada Imagem Radiográfica pode fazer parte a colecção Análise Radiográfica que é constituída pelos itens Identificador e Nome e possui uma Imagem.

A Figura 17 pretende demonstrar um exemplo de estrutura de informação associada à entrada Imagem Radiográfica.

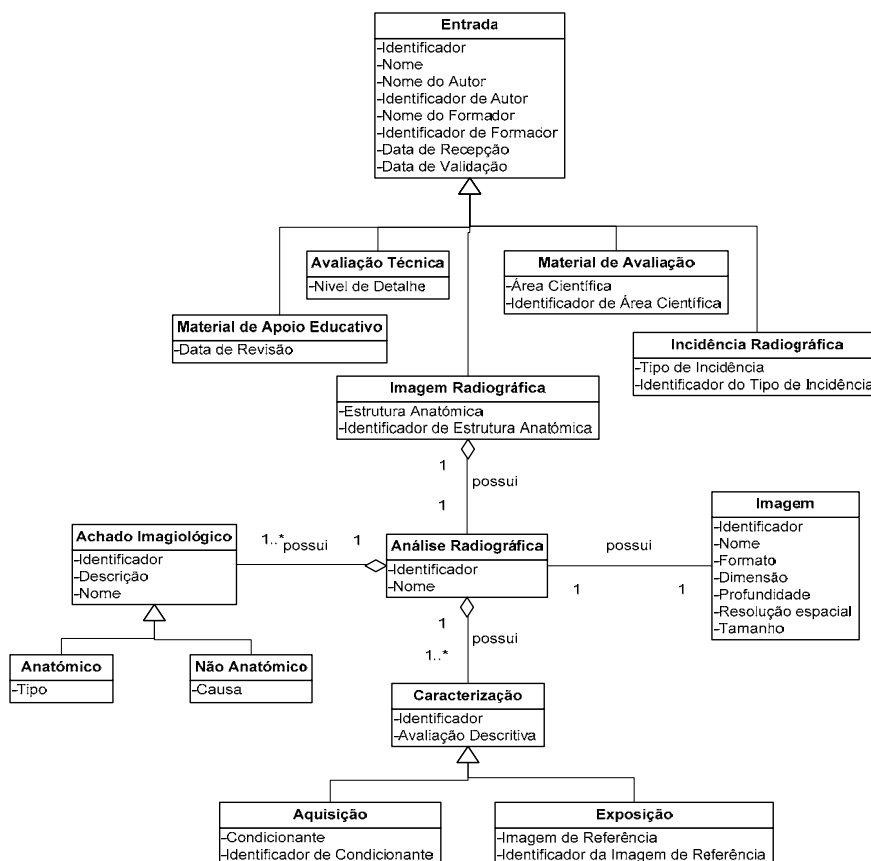


Figura 17 – A estrutura de informação da entrada Imagem Radiográfica

A colecção Análise Radiográfica pode conter colecções que caracterizam os achados imagiológicos e as condições de aquisição e exposição em que foi adquirida a imagem radiográfica. Assim, os achados imagiológicos podem ser caracterizados recorrendo a duas especializações da colecção Achado Imagiológico, que podem ser:

- Colecção Achado Imagiológico Anatômico. Esta colecção pode ser caracterizada, por exemplo, pelos itens Identificador, Tipo, Descrição e Nome.
- Colecção Achado Imagiológico Não Anatômico. Esta colecção pode ser caracterizada, por exemplo, pelos itens Identificador, Causa, Descrição e Nome.

Cada imagem, adjacente ao exame radiográfico que serve de base ao CE, tem associada uma colecção Caracterização que caracteriza a informação a disponibilizar. Assim, podemos considerar a existência de duas colecções que resultam da especialização da colecção Caracterização e que são:

- Colecção Aquisição. Esta colecção pode ser caracterizada pelos itens Identificador, Avaliação Descritiva, Condicionante (que pode assumir valores como, por exemplo, paciente colaborante ou paciente não colaborante) e pelo item Identificador do Condicionante.
- Colecção Exposição. Esta colecção, para além de ser caracterizada pelos itens Identificador, Avaliação Descritiva, pode ainda ser caracterizada pelos itens Imagem de Referência e Identificador de Imagem de Referência.

5.4.4 O CE e o Material de Avaliação

A entrada Material de Avaliação representa o conjunto de recursos avaliativos utilizados no âmbito do CE. Desta forma, o material de avaliação adjacente a cada CE pode ser disponibilizado em conformidade com os objectivos traçados pelo formador, tendo em atenção o tipo de conhecimentos que se pretende aferir.

À semelhança do que acontece com as entradas do tipo Material de Apoio Educativo, Avaliação Técnica, Incidência Radiográfica e Imagem Radiográfica, também a entrada Material de Avaliação é caracterizada por um conjunto de dados comuns. Para além destes, esta entrada é caracterizada pelos dados Área Científica e Identificador de Área Científica e pode possuir uma ou várias avaliações.

A Figura 18 pretende demonstrar, como exemplo, uma estrutura de informação associada à entrada Material de Avaliação.

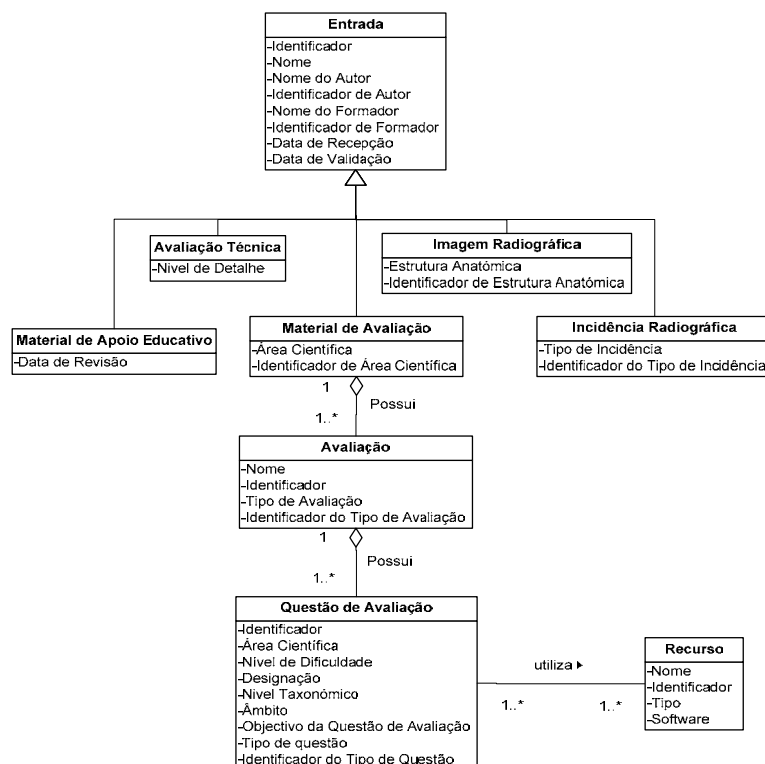


Figura 18 – A estrutura de informação da entrada Material de Avaliação

Cada colecção Avaliação pode ser caracterizada pelos itens Nome, Identificador, Tipo de Avaliação (que pode assumir os valores, por exemplo, de somativa ou formativa) e Identificador do Tipo de Avaliação.

Cada colecção Avaliação é constituída por uma ou mais Questão de Avaliação (colecção) que podem ser caracterizadas pelos itens Área Científica, Identificador de Área Científica, Nível de Dificuldade (que pode, por exemplo, assumir valores de 1 a 5), Designação, Nível Taxionómico, Âmbito, Objectivo da Questão de Avaliação, Tipo de Questão (como, por exemplo, verdadeiro/falso ou escolha múltipla) e Identificador do Tipo de questão.

Cada questão, independentemente do seu tipo, pode recorrer a recursos. Estes recursos podem ser caracterizados por um Identificador, Nome, Tipo e Software utilizado para lhe aceder.

A tabela 23 pretende demonstrar um exemplo de utilização da imagem radiográfica na construção de material de avaliação, mais propriamente na aferição do nível de capacidade de compreensão e extrapolação.

Identificador	ID
Área científica	Técnica Radiográfica
Nível Taxionómico	Compreensão
Objectivo da avaliação	Avaliação capacidade de compreensão
Tipo de questão	Resposta curta
Âmbito	Interpretação e Extrapolação
Nível de Dificuldade	3
Designação	- Qual das imagens demonstra a melhor exposição à radiação X para estudo da articulação do punho?
Imagem A <input type="checkbox"/>	Imagem E <input type="checkbox"/>
Imagem B <input type="checkbox"/>	Imagem F <input type="checkbox"/>
Imagem C <input type="checkbox"/>	Imagem G <input type="checkbox"/>
Imagem D <input type="checkbox"/>	Imagem h <input type="checkbox"/>
Imagem I <input type="checkbox"/>	Imagem J <input type="checkbox"/>
Imagem L <input type="checkbox"/>	Imagem M <input type="checkbox"/>




Tabela 23 – Exemplo de uma questão de avaliação

5.4.5 O CE e os Arquétipos

As entradas e colecções caracterizadas nas secções anteriores reflectem uma forma de segmentar a informação que faz parte da narrativa de um estudo de caso. A informação que cada uma das colecções disponibiliza pode ter diferentes níveis de granularidade em conformidade, por exemplo, com o objectivo da sua utilização, o tipo de dados ou estrutura de informação que lhe serve de suporte.

Por outro lado, a estrutura de informação que suporta as colecções apresentadas, e que resultou da análise da narrativa, pode não ser a mais indicada, podendo revelar-se inapropriada quando do registo da informação inerente à realização de outros exames radiográficos. Assim, a enorme diversidade de estudos de caso utilizados na formação em radiologia pode levar a um número excessivo de diferentes formas de representar a informação associada a esses estudos de caso. Interessa, portanto,

normalizar algumas estruturas. Para isso foram previstos os arquétipos. Estes podem suportar as necessidades de informação associadas à especificidade da formação.

A utilização dos diferentes arquétipos está assim dependente das necessidades de informação inerentes a cada estudo de caso, assim como dos contextos de formação em que a sua existência é uma mais valia para o processo de aprendizagem.

Torna-se, em nossa opinião, necessária a existência de um repositório que permita o armazenamento de diferentes arquétipos validados. Estes podem ser relativos a diferentes entradas e colecções, de forma a poderem ser utilizados em conformidade com a especificidade da informação a ser disponibilizada. A sua identificação pode ser feita recorrendo a um item Arquétipo, que o identifica textualmente, e um item Identificador do Arquétipo (Figura 19).

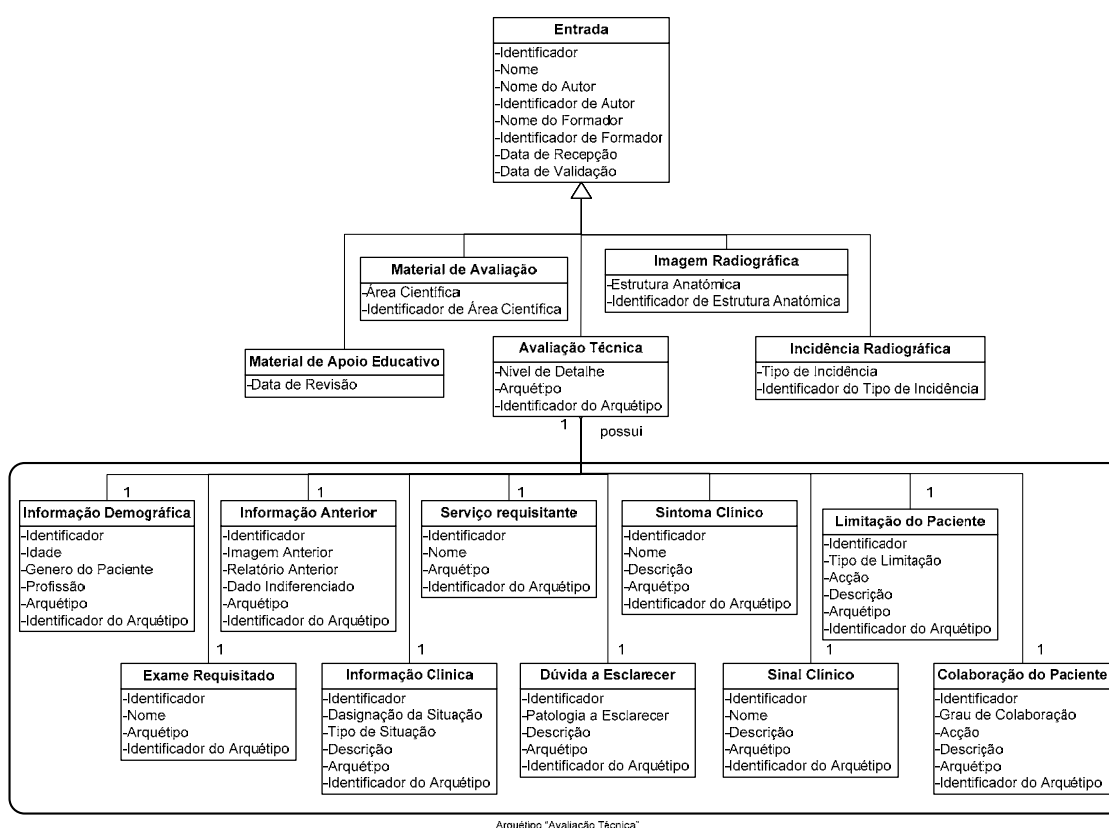


Figura 19 – Exemplo de um arquétipo Avaliação Técnica

A Figura 19 pretende representar um exemplo de uma estrutura de informação predefinida associada à informação disponibilizada na narrativa, segundo um determinado arquétipo.

A Tabela 24 pretende representar um exemplo de como a informação associada a um arquétipo Avaliação Técnica pode ser disponibilizada ao utilizador.

Entrada: Avaliação Técnica		<i>Arquétipo: Avaliação Técnica // Identificador do Arquétipo: ID</i>	
	<i>Item:</i> Identificador		<i>Item</i> Identificador Formador ...
	<i>Item:</i> Autor		<i>Item:</i> Data de Recepção
	<i>Item:</i> Identificador Autor		<i>Item:</i> Data de Validação
	<i>Item:</i> Formador		<i>Item:</i> Nível de detalhe ...
Colecção:	Informação Demográfica	<i>Arquétipo: Informação Demográfica // Identificador do Arquétipo: ID</i>	
	<i>Item:</i> Identificador	ID	
	<i>Item:</i> Sexo	Feminino	
	<i>Item:</i> Idade	55 Anos	
	<i>Item:</i> Profissão	Doméstica	
Colecção:	Informação Anterior	<i>Arquétipo: Informação Anterior // Identificador do Arquétipo: ID</i>	
	<i>Item:</i> Identificador	ID	
	<i>Item:</i> Exame anterior	Não fornecido	
	<i>Item:</i> Relatório Anterior	Não fornecido	
	<i>Item:</i> Dado indiferenciado	Queda anterior	
Colecção:	Exame Requisitado	<i>Arquétipo: Exame Requisitado // Identificador do Arquétipo: ID</i>	
	<i>Item:</i> Identificador	ID	
	<i>Item:</i> Nome	Estudo radiográfico do punho em dois planos	
Colecção:	Serviço Requisitante	<i>Arquétipo: Serviço Requisitante // Identificador do Arquétipo: ID</i>	
	<i>Item:</i> Identificador	ID	
	<i>Item:</i> Nome	Serviço de Urgência	
Colecção:	Informação Clínica	<i>Arquétipo: Informação Clínica // Identificador do Arquétipo: ID</i>	
	<i>Item:</i> Identificador	ID	
	<i>Item:</i> Designação da Situação	Fractura do terço distal do Rádio	
	<i>Item:</i> Tipo de Situação	Traumática	
	<i>Item:</i> Descrição	Traumatismo por queda	
Colecção:	Dúvida a Esclarecer	<i>Arquétipo: Dúvida a Esclarecer // Identificador do Arquétipo: ID</i>	
	<i>Item:</i> Identificador	ID	
	<i>Item:</i> Patologia a esclarecer	Fractura	
	<i>Item:</i> Descrição	Suspeita de fractura da cabeça do Rádio	
Colecção:	Colaboração do paciente	<i>Arquétipo: Colaboração do paciente // Identificador do Arquétipo: ID</i>	
	<i>Item:</i> Identificador	ID	
	<i>Item:</i> Acção	No posicionamento	
	<i>Item:</i> Grau	Colaborante	
	<i>Item:</i> Descrição	A colaboração da paciente foi limitada quando do posicionamento do punho para a realização do exame radiográfico. Houve a tentativa de colocar o Carpo alinhado com o centro da área sujeita à exposição, o que se revelou complicado em virtude do paciente estar bastante queixoso. Foi solicitado ao paciente uma ligeira flexão da mão de forma a promover um contacto mais íntimo entre o punho e o chassi, mas não foi possível.	
Colecção:	Limitação do paciente	<i>Arquétipo: Limitação do paciente // Identificador do Arquétipo: ID</i>	
	<i>Item:</i> Identificador	ID	
	<i>Item:</i> Tipo de Limitação	Movimento	
	<i>Item:</i> Descrição	Limitação quando do posicionamento do punho para a realização do exame	
	<i>Item:</i> Acção	Posicionamento do punho	
Colecção:	Sinal Clínico	<i>Arquétipo: Sinal Clínico // Identificador do Arquétipo: ID</i>	
	<i>Item:</i> Identificador	ID	
	<i>Item:</i> Designação	Edema com vestígios de sangue e desvio radial	
	<i>Item:</i> Descrição	A paciente estava ansiosa, e apresentava o punho esquerdo envolto numa ligadura de espessura reduzida e mantida no seu lugar com recurso a fita adesiva, edema da articulação do punho, com vestígios de sangue, ligeiro desvio radial e dor à mobilização,	
Colecção:	Sintoma Clínico	<i>Arquétipo: Sintoma Clínico // Identificador do Arquétipo: ID</i>	
	<i>Item:</i> Identificador	ID	
	<i>Item:</i> Designação	Dor	
	<i>Item:</i> Descrição	Paciente bastante queixosa e com dor à mobilização	

Tabela 24 – A narrativa e o arquétipo Avaliação Técnica

5.5 *Considerações Finais*

De forma a validar a estrutura de informação apresentada no capítulo anterior, recorreu-se à narrativa de um estudo de caso. Com base na análise da informação que faz parte desta narrativa, foi feito o levantamento dos conceitos inerentes à realização e interpretação do exame radiográfico, tendo sido representada uma estrutura de informação genérica que permite representar os dados recolhidos como base nos conceitos de entrada, colecção e item.

A informação que resultou da análise da narrativa, assim como a que caracteriza outros conteúdos disponibilizados como, por exemplo, o Material de Apoio Educativo ou o Material de Avaliação, foi organizada segundo a semântica associada ao domínio da Radiologia Convencional por forma a obedecer a uma estrutura que está em conformidade com o modelo de informação CE anteriormente definido.

Tendo em conta o número e complexidade das estruturas resultantes, o recurso do conceito arquétipo revela-se essencial para tornar o modelo utilizável. A utilização de arquétipos pode ser considerada como sendo uma ponte entre o modelo de informação que suporta o registo da informação e os utilizadores, uma vez que permite a disponibilização desta de forma estruturada, organizada e usável, nomeadamente quando permite a utilização de uma semântica inerente ao domínio do problema e conhecida pelos utilizadores.

6 Conclusões e Perspectivas Futuras

6.1 Conclusões

A imagiologia médica, enquanto disciplina aglutinadora das diferentes modalidades de imagem médica, tem sofrido uma evolução tecnológica vertiginosa nos últimos anos. Uma das consequências desta evolução tecnológica foi a transição dos serviços de imagiologia de ambientes analógicos para ambientes digitais. Os efeitos desta transição reflectiram-se em muitas áreas do exercício profissional em ambiente hospitalar e fora dele, nomeadamente na alteração dos processos de trabalho e, consequentemente, na formação dos profissionais de imagiologia médica como, por exemplo, do técnico de radiologia.

Com o objectivo de caracterizar a imagiologia médica foi feita, no Capítulo II, uma breve apresentação das diferentes modalidades de radiodiagnóstico.

No Capítulo III foi feita uma caracterização das formações académicas dos profissionais de imagiologia médica, tendo sido dada especial atenção à formação que decorre em unidades de saúde no âmbito do ensino clínico. Da análise realizada constatou-se que é de extrema importância a aquisição de competências em ambiente clínico, onde os futuros profissionais de saúde tem contacto com diversas situações clínicas, face às quais tem que mobilizar conhecimentos para poder agir em situação de forma competente. Como resultado da evolução tecnológica associada às ferramentas utilizadas no exercício profissional, e consequentemente na formação, verificou-se uma crescente utilização das Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC) no processo formativo. O *Picture Archiving and Communication System* (PACS) em ambiente hospitalar e a Internet assumem-se assim como veículos privilegiados de transmissão de informação na formação em imagiologia médica, nomeadamente com recurso a estudos de caso, mas nem sempre de boa qualidade.

No Capítulo IV é sugerido uma alteração ao paradigma de formação do técnico de radiologia, nomeadamente em radiologia convencional, com recurso às TIC. Tendo por base a metodologia de formação que assenta em estudos de caso, assim como a necessidade de ser disponibilizado ao formando um conjunto de recursos de apoio à formação, é proposto um modelo de informação genérico que tem por base os conceitos de entrada, colecção e item e que são estruturados segundo arquétipos. Este modelo de informação foi designado como Caso de Estudo (CE).

No Capítulo V é validado o modelo de informação genérico CE. Para tal recorreu-se à análise da informação que faz parte de uma narrativa relativa a um estudo de caso em radiologia convencional.

Assim, a principal contribuição desta dissertação é um modelo de informação genérico relativo à utilização de estudos de caso de forma integrada com outros conteúdos de apoio à formação em ambiente digital. A estrutura de informação apresentada permite uma grande adaptabilidade a novos contextos de formação assim como a diferentes necessidades de informação que podem ocorrer durante o processo de aprendizagem. Adicionalmente, o modelo de informação apresentado permite:

- Identificar de forma única os conteúdos disponibilizados.
- Caracterizar contextualmente o exame radiográfico realizado em ambiente clínico, assim como analisar de forma transversal e com diferentes níveis de granularidade os conteúdos disponibilizados.
- Construir estruturas de dados de forma modular, recorrendo a arquétipos que estruturam a informação em entradas e colecções em conformidade com o tipo de contextos predefinidos.
- Segmentar a informação associada ao CE em unidades mais elementares, o que permite uma reutilização de conteúdos, quer quando da construção de novos CE quer quando da construção de material de apoio ou de avaliação.
- Apresentar uma estrutura de informação independente das aplicações que possam ser utilizadas, podendo estas recorrer a repositórios de CE, assim como de arquétipos, validados por conhecedores do domínio do problema. Este aspecto poderá induzir a adopção de boas práticas relativamente à realização de exame, mas também relativamente ao processo educativo.

Em conformidade com o que foi referido, a estrutura de informação CE satisfaz os requisitos de flexibilidade, abrangência, modularidade e expansibilidade preconizados no âmbito do presente trabalho.

6.2 *Perspectivas Futuras*

A utilização do CE em ambiente formativo carece do aprofundamento dos aspectos relacionados com a sua adaptação aos diferentes contextos onde decorre o processo formativo. Assim, parece-nos interessante a realização de trabalhos futuros que permitam:

- O aprofundamento do modelo de informação CE. Importa, numa fase seguinte do desenvolvimento da estrutura de informação CE, especificar a informação que deve fazer parte das entradas e colecções a serem construídas de forma a ser

possível a utilização do CE no âmbito da formação em outras modalidades imagiológicas.

- A validação do CE em ambiente de formação. A utilização do CE em ambiente formativo só será possível se a estrutura de informação suportar os requisitos inerentes aos diferentes contextos de formação, pelo que a sua validação deve assentar no trabalho colaborativo entre os diferentes participantes do processo de formação.
- A normalização da semântica inerente ao CE. Para a comunicação entre os diferentes participantes do processo formativo e entre estes e os conteúdos disponibilizados no CE é necessário que todos os utilizadores entendam a semântica utilizada.
- A especificação de aplicações e interfaces. A especificidade da formação em radiologia, nomeadamente os requisitos necessários ao eficiente manuseamento da imagem médica e dos dados que lhes estão afectos, pressupõe a existência de aplicações e *interfaces* que permitam elevados níveis de interactividade e de usabilidade. Assim devem ser pensadas aplicações e *interfaces* que correspondam às tarefas a serem desenvolvidas pelos diferentes utilizadores quando da utilização do CE.
- O desenvolvimento de aplicações que permitam a construção de conteúdos educativos de acordo com o perfil e objectivos do utilizador.

Para além do aprofundamento das questões referidas, importa realçar que a possível utilização do CE só será viável se este permitir que o seu conteúdo, ou partes do seu conteúdo, possam ser transformados em objectos de aprendizagem reutilizáveis que estejam em conformidade com o *Sharable Content Object Reference Model* (SCORM)

7 Bibliografia

- [1] W. Larsson, P. Aspelin, M. Bergquist, K. Hillergard, B. Jacobsson, L. Lindskold, J. Wallberg, N. Lundberg, *The Effects of PACS on Radiographer's Work Practice*, Radiography, vol. In Press, 2006.
- [2] R. B. Schilling, E. V. Staab, *Impact of PACS on the Radiology Team*, Applied Radiology, vol. 28, pp. 10-13, 1999.
- [3] R. Koper, *Combining Reusable Learning Resources and Services to Pedagogical Purposeful Units of Learning*, 2003. Disponível em: <http://dspace.ou.nl/bitstream/1820/39/2/Combining-preprint.pdf>, acedido a 3 de Março de 2007.
- [4] V. Challen, *Radiography in Europe: The HENRE Perspective*, Radiography, vol. 12, pp. 183-185, 2006.
- [5] L. Manuila, A. Manuila, P. Lewalle, M. Nicoulin, *Dicionário Médico*, Lisboa: Climepsi Editores, 2003.
- [6] E. Masahiro, *Recent Progress in Medical imaging Technology*, Systems and Computers in Japan, vol. 36, pp. 1-17, 2005.
- [7] J.-P. Moy, *Recent Developments in X-ray Imaging Detectors*, Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment, vol. 442, pp. 26-37, 2000.
- [8] L. A. Sousa, *Radiologia*, in *Noções Fundamentais de Imagiologia*, J. M. Pisco & L. M. Sousa, Eds. Lisboa: Lidel Edições Técnicas, pp. 17-19, 1999.
- [9] K. L. Bontrager, *Tratado de Técnica Radiológica e Base Anatômica*, 3ª ed. Rio de Janeiro: Guanabara & Koogan, 1996.
- [10] S. C. Bushong, *Radiologic Science for Technologists. Physics, Biology, and Protection*, 7th ed. St.Louis: Mosby, 2001.

- [11] R. L. Morin, J. A. Seibert, *Considerations for Selecting a Digital Radiography System*, Journal of the American College of Radiology, vol. 2, pp. 287-290, 2005.
- [12] R. F. Farr, P. J. Allisy-Roberts, *Physics for Medical Imaging*. Edinburgh: WB Saunders, 2001.
- [13] H. K. Huang, *Pacs and Imaging Informatics. Basic Principles and Applications*. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc, 2004.
- [14] F. Abecasis, *Tomografia Computorizada*, in *Noções Fundamentais de Imagiologia*, J. M. Pisco & L.M. Sousa, Eds. Lisboa: Lidel edições técnicas, pp. 67-73, 2003.
- [15] P. W. Ballinger, E. D. Frank, *Merril's Atlas of Radiographic Positions and Radiologic Procedures*, vol. 3, 9 ed. St.Louis: Mosby, 1999.
- [16] N. H. Strickland, *Impact of the filmless hospital*, presented at Medical Technology Symposium, Honolulu, 1998. Disponível em:
<http://www.ieeeexplore.ieee.org/iel5/6216/16601/00769913.pdf?tp=&arnumber=769913&isnumber=16601>, acedido a 3 de Março de 2007.
- [17] J. C. Mealha, *Física e Tecnologia dos Equipamentos de Diagnóstico e de Radioterapia*. Lisboa: Universitária Editora, 2000.
- [18] L. Teixeira, *Tomografia Computorizada*, in *Imagiologia Clínica. Princípios e Técnicas*, F. M. Gaivão, Ed. Coimbra: ROVI, 2003.
- [19] E. Seeram, *Irreversible Compression in Digital Radiology. A Literature Review*, Radiography, vol. 12, pp. 45-59, 2006.
- [20] W. A. Kallender, *Computed Tomography. Fundamentals, System Technology, Image Quality, Applications*. Munich: Publicis MCD Verlag, 2000.
- [21] J. J. P. Lima, *Física dos Métodos de Imagem com Radiação X*. Coimbra: Edições ASA, 1996.
- [22] M. Mahesh, *The AAPM/RSNA Physics Tutorial for Residents: Search for Isotropic Resolution in CT from Conventional through Multiple-Row Detector*, Radiographics, vol. 22, pp. 949-962, 2002.
- [23] G. F. Thomas, H. M. Cynthia, B. Herbert, P. Martin, G. Klaus, S. Christoph, G. Michael, S. Karl, K. Bernhard, R. Rainer, N. P. Andrew, K. Axel, A. Stefan, B.

- Christoph, K. Andreas, M. O. Bernd, *First Performance Evaluation of a Dual-source CT (DSCT) System*, *European Radiology*, vol. 16, pp. 256-268, 2006.
- [24] A. F. Kopp, A. Kuttner, T. Trabold, M. Heuschmid, S. Schroder, C. D. Claussen, *Multislice CT in Cardiac and Coronary Angiography*, *Br J Radiol*, vol. 77, pp. S87-97, 2004.
- [25] U. J. Schoepf, P. Costello, *CT Angiography for Diagnosis of Pulmonary Embolism: State of the Art*, *Radiology*, vol. 230, pp. 329-337, 2004.
- [26] A. R. Margulis, J. H. Sunshine, *Radiology at the Turn of the Millennium 1*, *Radiology*, vol. 214, pp. 15-23, 2000.
- [27] M. Hoheisel, *Review of Medical Imaging with Emphasis on X-ray Detectors*, *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment*, vol. 563, pp. 215-224, 2006.
- [28] B. A. Schueler, *The AAPM/RSNA Physics Tutorial for Residents General Overview of Fluoroscopic Imaging*, *Radiographics*, vol. 20, pp. 1115-1126, 2000.
- [29] I. Ramos, *Ecografia*, in *Noções Fundamentais de Imagiologia*, J. M. Pisco & L.M. Sousa, Eds. Lisboa: Lidel edições técnicas, 1999.
- [30] M. Martins, *Ultrasonografia*, in *Imagiologia Clínica. Princípios e Técnicas*, F. M. Gaivão, Ed. Coimbra: ROVI, pp. 81-99, 2003.
- [31] F. M. Gaivão, *Eco-Doppler*, in *Imagiologia Clínica. Princípios e Técnicas*, F. M. Gaivão, Ed. Coimbra: ROVI, pp. 101-126, 2003.
- [32] A. Elliott, *Medical Imaging*, *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment*, vol. 546, pp. 1-13, 2005.
- [33] M. C. Marques, *Ressonância Magnética*, in *Imagiologia Clínica. Princípios e Técnicas*, F. M. Gaivão, Ed. Coimbra: ROVI, 2002, pp. 165-204.
- [34] R. B. Lufkin, *Manual de Ressonância Magnética*, 2ª Edição ed. Rio de Janeiro: Editora Guanabara & Koogan, 1999.

- [35] I. S. Carreira, P. D. Robins, M. K. O`Connor, P. M. Mullan, *Medicina Nuclear*, in *Nocões Fundamentais de Imagiologia*, J. M. Pisco & L. M. Sousa, Eds. Lisboa: Lidel edições técnicas, pp. 25-53, 1999.
- [36] J. J. P. Lima, *Física das Radiações e Protecção Contra as Radiações Ionizantes*, in *Nocões Fundamentais de Imagiologia*, J. M. Pisco & L. M. Sousa, Eds. Lisboa: Lidel Edições Técnicas, pp. 17-19, 1999.
- [37] J. S. Krohmer, *Radiography and Fluoroscopy, 1920 to the Present*, Radiographics, vol. 9, pp. 1129-1153, 1989.
- [38] Dec. Lei nº 564/99 de 21 de Dezembro, estabelece o estatuto legal da carreira de técnico de diagnóstico e terapêutica, nomeadamente o conteúdo profissional do técnico de radiologia.
- [39] K. Shaffer, *Radiology Education in the Digital Era*, Radiology, vol. 235, pp. 359-360, 2005.
- [40] R. B. Gunderman, *Role Models in the Education of Radiologists*, Am. J. Roentgenol, vol. 179, pp. 327-329, 2002.
- [41] R. B. Gunderman, K. B. Williamson, R. E. Fraley, J. L. Steele, *The Role of Technology in Radiology Education 1*, Academic Radiology, vol. 11, pp. 476-479, 2004.
- [42] R. B. Gunderman, Y.-P. Kang, R. E. Fraley, K. B. Williamson, *Instructional Technology and Radiologic Education*, Radiology, vol. 221, pp. 1-4, 2001.
- [43] Programa de Formação do Internato Complementar de Radiodiagnóstico - Portaria n.º 241/99, de 06-04, disponível em: http://www.nortemedico.pt/imagens/conteudos/Port_241_99.pdf, acedido a 3 de Março de 2007.
- [44] A. Castle, *Radiography: Nature of Knowledge and Academic Tribe*, Radiography, vol. 6, pp. 261-268, 2000.
- [45] Plano de Estudos do curso de Licenciatura Bi-etápica em Radiologia ministrado na Escola Superior de Saúde da Universidade de Aveiro, Universidade de Aveiro, Aveiro, 2001.

-
- [46] A. Brown, *Professionals Under Pressure: Contextual Influences on Learning and Development of Radiographers in England*, Learning in Health and Social Care, vol. 3, pp. 213-222, 2004.
- [47] M. D. Cohen, R. B. Gunderman, M. S. Frank, K. B. Williamson, *Challenges Facing Radiology Educators*, Journal of the American College of Radiology, vol. 2, pp. 681-687, 2005.
- [48] R. L. Kane, B. Bershadsky, C. Weinert, S. Huntington, W. Riley, J. Bershadsky, J. I. Ravdin, *Estimating the Patient Care Costs of Teaching in a Teaching Hospital*, The American Journal of Medicine, vol. 118, pp. 767-772, 2005.
- [49] D. A. Jamadar, R. Carlos, E. M. Caoili, P. G. Pernicano, J. A. Jacobson, S. Patel, M. Noroozian, Q. Dong, J. E. Bailey, S. K. Patterson, K. A. Klein, J. D. Good, E. A. Kazerooni, N. R. Dunnick, *Estimating the Effects of Informal Radiology Resident Teaching on Radiologist Productivity: What is the Cost of Teaching? 1*, Academic Radiology, vol. 12, pp. 123-128, 2005.
- [50] K. B. Williamson, R. B. Gunderman, M. D. Cohen, M. S. Frank, *Learning Theory in Radiology Education*, Radiology, vol. 233, pp. 15-18, 2004.
- [51] G. Marshall, V. Punys, A. Sykes, *The Continuous Professional Development (CPD) Requirements of Radiographers in Europe: An Initial Survey*, Radiography, vol. In Press, 2006.
- [52] W. R. Hersh, *Medical Informatics: Improving Health Care Through Information*, JAMA, vol. 288, pp. 1955-1958, 2002.
- [53] N. F. P. Rocha, *Tecnologias da Informação e Deficiência: Relatório sobre o Programa, Conteúdo e Métodos de Ensino Teórico e Prático*. Universidade de Aveiro, Aveiro, 2003.
- [54] K. M. Siddiqui, D. L. Weiss, A. P. Dunne, B. F. Branstetter, *Integrating Imaging Informatics Into the Radiology Residency Curriculum: Rationale and Example Curriculum*, Journal of the American College of Radiology, vol. 3, pp. 52-57, 2006.
- [55] J. J. Choi, *Teaching with a Personal Digital Assistant*, Journal of the American College of Radiology, vol. 2, pp. 825-832, 2005.
- [56] *Digital Imaging and Communications in Medicine (DICOM)*. Disponível em: <http://medical.nema.org/>, acedido a 3 de Março de 2007.
-

- [57] *Health Level Seven*, disponível em: <http://www.hl7.org/>, acessado a 3 de Março de 2007.
- [58] I. I. I. R. H. Wiggins, *Digital Imaging*, Seminars in Ultrasound, CT, and MRI, vol. 24, pp. 404-409, 2003.
- [59] L. B. Gouveia, *Gestão da Informação Competências Críticas para a Sociedade da Informação e do Conhecimento*, Versão preliminar adaptada do texto *Practitioner Guide*. Universidade Fernando Pessoa, 2002.
- [60] J. Zhang, J. Sun, J. N. Stahl, *PACS and Web-based Image Distribution and Display*, Computerized Medical Imaging and Graphics, vol. 27, pp. 197-206, 2003.
- [61] A. E. Flanders, J. A. Carrino, *Understanding DICOM and IHE*, Seminars in Roentgenology, vol. 38, pp. 271-281, 2003.
- [62] R. N. J. Graham, R. W. Perriss, A. F. Scarsbrook, *DICOM Demystified: A Review of Digital File Formats and their Use in Radiological Practice*, Clinical Radiology, vol. 60, pp. 1133-1140, 2005.
- [63] Disponível em: <https://www.merge-emed.com/>, acessado a 3 de Março de 2007.
- [64] Disponível em: <http://dicom.online.fr/>, acessado a 3 de Março de 2007.
- [65] R. Sigal, *PACS as an e-academic Tool*, International Congress Series, vol. 1281, pp. 900-904, 2005.
- [66] Y. Ozsunar, M. Keceli, K. Koseoglu, G. Coskun, C. Karaman, *PACS Utilization in Radiologic Research*, Academic Radiology, vol. 10, pp. 32-36, 2003.
- [67] Y. Rolland, C. Bousquet, B. Pouliquen, P. L. Beux, A. Fresnel, R. Duvauferrier, *Radiology on Internet: Advice in Consulting Websites and Evaluating their Quality*, European Radiology, vol. V10, pp. 859-866, 2000.
- [68] A. F. Scarsbrook, R. N. J. Graham, R. W. Perriss, *The Scope of Educational Resources for Radiologists on the Internet*, Clinical Radiology, vol. 60, pp. 524-530, 2005.
- [69] F. S. Chew, *Educational Infrastructure for Radiology Residency Programs*, Academic Radiology, vol. 10, pp. S92-S96, 2003.

-
- [70] M. Nishino, D. Wolfe, C.-S. Yam, M. Larson, P. M. Boisselle, H. Hatabu, *Comprehensive Innovative Solution for Resident Education Using the Intranet Journal of Chest Radiology*, Academic Radiology, vol. 11, pp. 1149-1152, 2004.
- [71] Disponível em: www.auntminie.com, acessado a 3 de Março de 2007.
- [72] Disponível em: www.radiologyeducation.com, acessado a 3 de Março de 2007.
- [73] Disponível em: <http://rad.usus.mil/medpix/medpx.html>, acessado a 3 de Março de 2007.
- [74] Disponível em: www.pediatricradiology.com, acessado a 3 de Março de 2007.
- [75] Disponível em: www.gentili.net/msguide.htm, acessado a 3 de Março de 2007.
- [76] Disponível em: www.ctisus.com, acessado a 3 de Março de 2007.
- [77] M. Derntl and K. A. Hummel, *Modeling Context-Aware e-learning Scenarios*, Pervasive Computing and Communications Workshops, 2005. Disponível em: <http://ieeexplore.ieee.org/iel5/9593/30313/01392861.pdf?tp=&isnumber=&arnumber=1392861>, acessado a 3 de Março de 2007.
- [78] A. I. C. Queirós, *As Tecnologias de Informação e Comunicação e os Novos Paradigmas do Apoio Domiciliário a Idosos*, Tese de Doutoramento, Secção Autónoma de Ciência da Saúde, Universidade de Aveiro, Aveiro, 2006.
- [79] G. Booch, Jacobson I., J. Rumbaugh, *The Unified Modelling Language User Guide*, 8th ed: Addison-Wesley, 2001.
- [80] K. Kwang-Hoon, Y. Hyuk-Jae, K. Hak-Sung, *A Process-driven e-learning Content Organization Model*, Computer and Information Science, 2005. Fourth Annual ACIS International Conference on, 2005.
- [81] D. Claire and W. Elizabeth, *Developing, Implementing and Evaluating Case Studies in Materials Science*, European Journal of Engineering Education, vol. 30, pp. 59-69, 2003.
- [82] D. J. Mayhew, *Principles and Guidelines in Software User Interface Design*. Nova Jersey: Prentice Hall, 1992.
- [83] F. S. Chew, J. E. R. Ochoa, A. Relyea-Chew, *Application of the Case Method in Medical Student Radiology Education 1*, Academic Radiology, vol. 12, pp. 746-751, 2005.

- [84] C. F. Herreid, *Case Studies in Science: A Novel Method of Science Education*, Journal of College Science Teaching, vol. 23, pp. 221-229, 1994.
- [85] *American Society of Radiologic Technologists*, disponível em: <http://www.asrt.org/>, acessado a 3 de Março de 2007.
- [86] C. Menezes, *Avaliação da Aprendizagem e Formação a Distância*, in *E-Learning para e-formadores*, A. A. S. Dias, Ed. Guimarães: TecMinho/Gabinete de Formação Contínua, pp. 53-69, 2004.
- [87] J. W. Stamey, B. T. Saunders, *Designing Intelligent Learning Objects*, Fifth IEEE International Conference Learning Technologies (ICAL`05), 2005.
- [88] C. Leite, P. Fernandes, *A Avaliação das Aprendizagens dos Alunos - Novos Contextos, Novas Práticas*. Porto: ASA Editores, S.A., 2003.
- [89] T. Beale, S. Heard, D. Kalra, and D. Lloyd, *openEHR Reference Model: The openEHR EHR Information Model*, 2003.
- [90] G. Tuparov, D. D. Tuparova, J. Peneva, *Didactical and Technological Issues During the Development Process of e-learning Courses*, International Conference on Computer Systems and Technologies - CompSysTech'2004, 2004.
- [91] T. Beale, S. Heard, *Archetype Definitions and Principles*, The openEHR Foundation, 2005. Disponível em: <http://svn.openehr.org/specification/TRUNK/publishing/index.html>, acessado a 3 de Março de 2007.
- [92] R. K. Ellis, *E-Learning Standards Update*, 2005. Disponível em: www.learningcircuits.org/2005/jul2005/ellis.htm, acessado a 3 de Março de 2007.
- [93] M. A. Waterman, *Investigative Case Study Approach for Biology Learning*, Bioscene, vol. 24, 1998.
- [94] F. M. Corl, M. R. Garland, L. P. Lawler, E. K. Fishman, *A Five-Step Approach to Digital Image Manipulation for the Radiologist*, Radiographics, vol. 22, pp. 981-992, 2002.
- [95] M. J. Bassignani, L. Bubash-Faust, J. Ciambotti, R. Moran, J. McIlhenny, *Conversion of Teaching File Cases from Film to Digital Format: A Comparison between Use of a Diagnostic-Quality Digitizer and Use of a Flatbed Scanner with Transparency Adapter*, Academic Radiology, vol. 10, pp. 536-542, 2003.

- [96] M. J. Bassignani, A. P. LoRusso, J. A. Harvey, *Digitizing and Consolidating Mammograms and other Images for Teaching Applications*, Academic Radiology, vol. 13, pp. 774-781, 2006.